

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Katedra učitelství a didaktiky biologie



**TVORBA VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ PRO
VÝUKU GENETIKY**

Production of educational materials for teaching genetics

Diplomová práce

Ivana Břínková (Martenková)

Vedoucí práce
Doc. RNDr. Věra Čížková, CSc.

Odborný konzultant
Prof. Ing. Jaroslav Petr, DrSc.

Praha 2008

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Praze dne

.....

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce Doc. RNDr. Věře Čížkové CSc. a Prof. Ing. Jaroslavu Petrovi, DrSc. za jejich cenné rady, připomínky a hlavně čas, který mé práci věnovali. Dále bych chtěla poděkovat všem svým blízkým, zejména rodičům a svému manželovi za podporu při celém studiu.

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů.

Jméno, příjmení, adresa datum vypůjčení poznámka

OBSAH

Úvod

1. Teoretická východiska – vymezení základních pojmů	4
1.1 Klonování	4
1.1.1 Metody klonování	4
1.1.2 Klonování DNA	9
1.2 Genové inženýrství a geneticky modifikované organismy	10
1.2.1 Genetické modifikace u rostlin	11
1.2.2 Genetické modifikace u živočichů	12
1.2.3 Geneticky modifikované organismy v lékařství	13
1.3 Biotechnologie	15
2. Analýza tématu v současně platných kurikulárních dokumentech a učebnicích	17
2.1 Rámcové vzdělávací programy – RVP G	17
2.2 Středoškolské učebnice biologie	17
2.3 Rozšiřující publikace	19
2.4 Zahraniční „on-line“ zdroje	20
3. Metodika práce	21
3.1 Příprava výukových materiálů	21
3.2 Přípravy na vyučovací hodiny	21
3.3 Ověření navržených materiálů	22
4. Výukové materiály	23
4.1 Výukový program Klonování	23
4.1.1 Metodické materiály pro učitele	32
4.1.2 Pracovní listy	32
4.2 Výukový program GMO a biotechnologie	33
4.2.1 Metodické materiály pro učitele	40
4.2.2 Pracovní listy	40
5. Diskuse a závěr	42
6. Použitá literatura	44
7. Přílohy	48
7.1 Pomocné texty pro učitele – Klonování	48
7.2 Pomocné texty pro učitele – GMO a biotechnologie	58

7.3	Metodické poznámky k jednotlivým oknům.....	70
	prezentace – Klonování	
7.4	Metodické poznámky k jednotlivým oknům.....	75
	prezentace – GMO a biotechnologie	
7.5	Přípravy na vyučovací hodiny.....	79
7.6	Ukázky cizích pracovních listů.....	87

ÚVOD

V současné době prochází naše školství významnou reformou, která se týká jak obsahu učiva, tak způsobu výuky. Dříve byly po studentech požadovány především pouhé znalosti faktů, definic a pouček. Dnes se do popředí dostává zájem o studenta, o jeho myšlení a potřeby. Studenti získávají vědomosti nejen od učitele, ale také multimediálními prostředky (televize, internet, aj.). S tím souvisí nelehká úloha učitele. Musí učit žáky na tyto informace reagovat, hodnotit je a vybrat správné. Další důležitou úlohou učitele je žáky motivovat, vzbuzovat v nich zájem o probíranou látku. K tomuto účelu musí využívat a kombinovat aktivizující metody a formy výuky a používat další prostředky opírající se o nové technologie. Patří k nim především počítač, počítačové programy a internet.

Tyto skutečnosti se promítají také do výuky biologie. Biologie patří v dnešní době k nejrychleji se rozvíjejícím vědním disciplínám. Snad nejvýraznější rozmach prodělávají oblasti molekulární biologie a genetika, kde se objevuje ohromné množství nových poznatků a informací. Nové poznatky ovlivňují nejen vědu samotnou, ale některé aplikace, postupy zasahují i do běžného denního života. Řada odborných pojmů z genetiky či molekulární biologie „zevšedněla“ a je používána v běžné řeči. Patří k nim také pojmy klonování, geneticky modifikované organismy (GMO) a biotechnologie. Relativně pomalu se ale nové poznatky z těchto oblastí začleňují do středoškolského učiva. Proto je v této práci věnována pozornost právě těmto pojmům.

Hlavním cílem této diplomové práce je přispět k modernizaci biologického učiva na gymnáziích rozpracováním aktuálních témat z genetiky, kterými jsou klonování, geneticky modifikované organismy a biotechnologie. Ke splnění tohoto hlavního cíle byly stanoveny dílčí cíle:

- analyzovat odbornou a populárně vědeckou literaturu,
- analyzovat středoškolské učebnice z hlediska zařazení tématu,
- vytvořit
 - PowerPoint prezentace,
 - metodické materiály pro učitele,
 - pracovní listy pro žáky.

1. Teoretická východiska – vymezení základních pojmů

1.1 Klonování

Za klonování se obecně považuje pořizování jakýchkoli identických kopií neboli klonů. Klon je představován organismy s naprosto stejnou dědičnou informací. Jedná se o množinu jedinců o zcela shodném genotypu, a tudíž téměř dokonale shodných i fenotypově.

Klonování probíhá v řadě případů zcela spontánně i v přírodě. Při nepohlavním rozmnožování vzniká nový jedinec z jedné původní buňky, z části tkáně nebo orgánu. Generace vzniklé **nepohlavním rozmnožováním** se tedy nazývají klony a způsob jejich rozmnožování klonování. Klonování rostlin je běžné po staletí a náleží ke klasickým metodám šlechtění rostlin. Je snadné, protože rostliny lze rozmnožovat nepohlavně. Příkladem jsou brambory, které rozmnožujeme dělením hlíz, nebo begonie, které vyrostou i z části listu. Takovéto nepohlavní rozmnožování nebo klonování se neomezuje jen na rostliny. U nižších živočichů je rovněž celkem běžné (např. nezmar).

U vyšších živočichů s dokonalejší organizací těla již není tento způsob rozmnožování dost dobře možný. Jejich rozmnožování je totiž vázané na pohlavní buňky (**pohlavní rozmnožování**). Přesto se ale i u vyšších živočichů s geneticky totožnými jedinci, a tudíž se spontánně vzniklým klonem, setkáme. K tomuto přirozenému klonování ale musí dojít ještě relativně brzy, v časných stádiích vývoje jedince. Například savčí zárodek se může za určitých podmínek samovolně rozdělit na několik částí a z každé z nich pak vzniká samostatný jedinec. Tak vznikají například jednovaječná dvojčata u člověka i dalších živočišných druhů. U některých savců je tato schopnost vyvinuta do extrému. Například u jihoamerických pásovců se může během procesu označovaného jako polyembryonie zárodek v těle matky rozdělit až na dvanáct částí a narodí se tak jednovaječná dvanáctčata (Kočárek, 2007; Jelínek, Zicháček, 1998; Šmarda, 2003; Petr, 2003; Bodmer, McKie, 1994; <http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

1.1.1 Metody klonování

- a) Embryonální klonování.
- b) Transnukleární klonování.
- c) Agregace.

a) Embryonální klonování

Proces spontánního dělení embryí se povedlo napodobit v laboratořích a patří k nejstarším způsobům klonování savců. Koncem sedmdesátých let vědci dokázali pod mikroskopem pomocí speciálních mikročepelí a mikromanipulátorů, jež umožňují jemné manipulace s buňkami, rozdělit časně zárodky laboratorních i hospodářských zvířat na dvě části. Pro tyto účely byly většinou používány zárodky ve stádiu moruly nebo blastocysty, tedy embrya tvořená několika desítkami buněk. Po přenosu rozděleného embrya náhradní matce se narodí identická dvojčata. Zárodek rozdělený na více částí ztrácí životaschopnost. Podařilo se získat nejvýše identická čtyřčata po rozdělení zárodku na čtvrtiny (Petr, 2001a). Tato metoda se nazývá **embryonální klonování** (proces dělení embryí, zaškrcení embryí). Nejvíce se používá při klonování hospodářských zvířat.

Roku 1892 embryolog Hans Driesch rozdělil zárodek ježovky, tvořený dvěma nebo čtyřmi buňkami, na jednotlivé buňky. Jediné buňky se dále vyvíjely a z každé vznikla normální larva – klon. V roce 1942 tímto způsobem vznikl klon potkana. Roku 1968 oddělením jedné

buňky z osmibuněčného zárodku se narodili králíci. Steen Willadsen nechal vyvíjet zárodky ovčí a skotu vzniklé oddělením jednotlivých buněk z osmibuněčných embryí a roku 1979 se narodila identická dvojčata. V roce 2000 se podařilo rozčtvrcením zárodku makaka přivést na svět opičí klon, makaka Tetra (www.osel.cz/index.php?zprava=442).

Už v roce 1993 byl právě tímto způsobem poprvé klonován zárodek člověka. Americký lékař Jerry Hall vzal do experimentu 17 lidských zárodků, které byly v důsledku těžkého vývojového defektu odsouzeny zemřít ve velmi časných vývojových stadiích (zárodky tvořily jen 2 až 4 blastomery). Hall prokázal, že i lidské rozdělené zárodky jsou schopny dalšího vývoje a to dokonce do stadia blastocysty, kdy by se začaly v těle matky spojovat s tkání dělohy a začaly by tvořit placentu (Petr, 2001a).

b) Transnukleární klonování

Roku 1952 provedli Američané Robert Briggs a Thomas King úspěšné přenosy buněčných jader mezi různými buňkami živočicha - severoamerického skokana levhartího (*Rana pipiens*). Využil k tomu jádro z buňky zárodku v poměrně pokročilém stádiu vývoje. Takto vzniklý zárodek se vyvíjel v pulce. Tím položili základ k tzv. **transnukleárnímu klonování** (přenos jader). Při této metodě je z oocyty odebráno jádro (enukleace) a následně vloženo jádro z tělní buňky. Takovýto oocyt se chová jako oplozený (Kočárek, 2004).

Michael Fischberg spolu Thomasem Elsdalem a Johnem Gurdonem použili africkou žabu drápatku (*Xenopus laevis*). Buňky ze žabího zárodku přenášené do žabích vajíček zbavených vlastní genetické informace daly vzniknout zárodku, který se vyvíjel nejen do stadia pulce, ale pokračoval až do proměny v pohlavně dospělou žabu. Tyto pokusy byly silnou inspirací pro řadu biologů po celém světě. I česká věda se do tohoto trendu zapojila. Například profesor Sládeček dosáhl významných úspěchů při klonování čolků (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

Touto metodou vznikla asi nejznámější ovce Dolly v roce 1996 ve skotském Edinburghu. Vedoucím vědeckého týmu byl profesor Ian Wilmut. Na počátku stála jedna jediná buňka odebraná z vemene šestileté ovce, kterou vpravili vědci z Wilmutova týmu do ovčího vajíčka, ze kterého odstranili jeho veškerou dědičnou informaci. Takto vzniklá zygota byla vpravena do dělohy další ovce, která zárodku posloužila jako náhradní matka. Po 148 dnech březosti porodila ovčí matka nevlastní jehňátko - ovečku Dolly, která se ve většině znaků shodovala s dárkyní buněčného jádra. Bylo to jediné jehně z 277 takto získaných zárodků. Účinnost metody, jež vedla ke zrození Dolly, tedy dosáhla 0,36%. Přípravy projektu se zúčastnil také český vědec Josef Fulka. Jako většina takto vzniklých klonů i Dolly trpěla řadou chorob. 14. 2. 2003 byla utracena

(Kočárek, 2003; Zah, 2006; Petr, 2003b).

Mezinárodní tým složený z britských, japonských, amerických a italských vědců a vedený nestorem světové reprodukční biologie Ryuzem Yanagimachim oznámil naklonování myši. Podařilo se ji naklonovat z tzv. kumulárních buněk. Tyto buňky obklopují ve vaječníku samice vajíčko, pomáhají jej vyživovat a chrání jej. Právě podle typu použitých buněk pojmenována Cumuline, což bychom si mohli počestit do tvaru Kumulína. Účinnost se pohybovala kolem 0,3%.

V roce 1998 se podařilo japonskému týmu naklonovat krávu a narodilo se pět telat. Z krávy poražené na jatkách odebrali vaječníky a vejcovody. V laboratoři z nich izolovali tělesné buňky. Buňku spojili s vajíčkem zbavených dědičné informace. Ze 125 zárodků se narodilo osm naklonovaných telat, ale přežila jen čtyři.

Roku 1998 přišel v laboratořích university v havajském Honolulu na svět myšák Fibro - první samec naklonovaný z buňky odebrané dospělému samci. Fibro byl naklonován z fibroblastů, buněk pojivové tkáně, které získali ze špičky ocásku dospělého myšáka. Fibroblast byl vpraven do myšího vajíčka, jež bylo předtím zbaveno své vlastní dědičné informace. Z připravených

více než sedm stovek zárodků vybrali 274 embryí, která se dále vyvíjela, a ta přenesli do těla náhradních matek. Nakonec se narodila tři myšata. Dvě uhynula krátce po narození na vážné poruchy funkce plic. Přežil jen jeden jediný sameček. Protože se tento myšák narodil po klonování fibroblastů, dostal jméno Fibro.

Pětice selat (Millie, Christa, Alexis, Carrel a Dotcom) přišla na svět 5. března roku 2000 v americkém Blacksburgu. Ke klonování byla použita technika tzv. dvoustupňového klonování, postup přenosu jader (kterým přišla na svět Dolly) tu byl zopakován hned dvakrát po sobě. Buňky z těla dospělé prasnice byly spojeny s vajíčkem zbaveným vlastní dědičné informace. Vznikl tak jednobuněčný zárodek. Tento zárodek ale vědci ponechali v klidu jen 24 hodin. Aby jej proměnili v zárodek co nejpodobnější skutečnému zárodku vzniklému oplozením vajíčka, provedli ještě jeden přenos jádra. Odebrali jádro z klonovaného jednobuněčného zárodku a to spojili s jednobuněčným zárodkem vzniklým oplozením vajíčka a zbaveným jeho vlastní dědičné informace. Vznikly tak zárodky, které byly přeneseny do těla náhradní matky. Selata se narodila z dvou tisíc klonovaných zárodků.

V laboratořích Texaské univerzity se 22. prosince 2001 narodil klon kočky pojmenovaný Cc (CopyCat). Ze 188 kočičích vajíček vědci odstranili vlastní dědičnou informaci a následně do nich vpravili jádra kumulačních buněk strakaté kočky (jménem Rainbow). 83 kočičích embryí bylo přeneseno do těl náhradních matek, zabřezly jen dvě a narodilo se pouze jedno kotě.

Roku 2002 o Velikonocích přišly na svět první králíčí klony ve francouzském Národním ústavu pro zemědělský výzkum. Ze stovek zárodků se narodilo jen šest králíčat (dvě po narození uhynula).

V roce 2003 se narodila zcela zdravá klisnička Prométhea, která, vznikla dnes už klasickou metodou, tedy spojením kožní buňky s vajíčkem, z něž byla předtím odstraněna jeho vlastní jaderná dědičná informace. Kožní buňky byly odebrány klisně plemene hafling a hřebci arabského plnokrevníka. Vědci spojili buňky celkem s 841 vajíčky, ale získali jen 22 kvalitních embryí. Klisnám přenesli 17 embryí, z nichž čtyři zabřezly a jedna porodila hříbě. Autorem je tým z Laboratoře reprodukčních technologií v Cremoně vedený Cesarem Gallim.

V roce 2003 se v laboratořích texaské A&M univerzity pokusili o naklonování psa Missy, feny s vynikajícím rodokmenem. Její majitel, výstřední miliardář, věnoval na naklonování svého mazlíčka prostředky ve výši 3,7 milionu dolarů. Ale ani po stovkách a stovkách pokusů se Missy naklonovat nepodařilo.

Prvního psa se podařilo v roce 2005 naklonovat korejskému týmu z university v Saulu, vedenou Woo Suk Hwangem. Z více než tisíce embryí implantovaných celkem 120 náhradním matkám se jim narodila pouze dvě živá štěňata, z nich navíc po několika dnech jedno zemřelo. První naklonovaný pes dostal jméno Snuppy. Vznikl z jádra buněk, které byly odebrány z ucha psa (samce). Buněčné jádro bylo vloženo do vaječné buňky, které předtím bylo její vlastní jádro odstraněno. Takto vzniklé "embryo" putovalo do dělohy feny, která byla hormonálně synchronizována tak, aby se v ní vložené embryo uhnízdlilo a aby zabřezla.

Na konci července 2007 spatřila světlo světa první komerčně naklonovaná štěňata. Američanka Hermann McKinney se musela zadlužit, aby si je "nechala vyrobit" v univerzitní nemocnici v jihokorejském Soulu. Zaplatila 50 tisíc dolarů, tedy asi 770 tisíc korun (Pazdera, 2006; Petr, 2003c; Pazdera, 2005;

<http://tn.nova.cz/zpravy/zahranici/obrazem-prvni-komercne-naklonovana-stenata.html>).

Největší význam spatřují odborníci v transnukleární klonování, a to hlavně v reprodukčním a terapeutickém klonování.

Reprodukčním klonováním by vznikl jedinec, který by nesl kompletní dědičnou informaci jednoho z rodičů (dárce jádra). Tato metoda by mohla nabídnout své služby asistované reprodukci. Dopřát biologicky vlastní děti lidem, kteří by je jinak mít nemohli (Petr 2006; Petr, 2005). Reprodukční klonování se využívá u hospodářských zvířat (hlavně u vynikajících

plemenných zvířat) a mohlo by být v budoucnosti obdobou udržovacího šlechtění u rostlin. Tak by bylo možné množit jedince s příznivými vlastnostmi a omezit tak rizika plynoucí z kombinace vloh při křížení.

Klon býka, který se narodil 7. září 2000, dostal jméno Starbuck 2. Chovatelé si na jeho otci cenili především tělesného rámce a stavby končetin.

Listopad roku 2000, když se narodilo tele naklonované ze zamražených buněk býka 86. Klonovaný býček dostal jméno „86 na druhou“ a je prvním zvířetem, které bylo naklonováno s cílem zachránit pro chovatele jedinečnou schopnost odolávat infekčním chorobám. Září roku 2001 přišlo na svět tele, Mandy II, naklonované z kožních buněk vydražených v aukci (za 82.000 dolarů). Buňky pocházely z ucha vynikající dojnice Mandy (za rok nadojila 12.500l, v ČR je průměr asi 7.000l a česká rekordmanka nadojila 10.900l za rok). Hříbě, klon světového šampiona, se narodilo v únoru 2005.

Snahy jsou také o naklonování ohrožených druhů.

Noah byl naklonován ze zamražených kožních buněk gauřího býka, který uhynul v jedné zoo v USA. Vědci z Advanced Cell Technology (ACT) vzali celkem 692 gauřích kožních buněk a vpravili je do vajíček domácího skotu zbavených jejich vlastní dědičné informace. Takto vzniklá embrya se vyvíjela po dobu jednoho týdne v laboratorních podmínkách a 81 jich dosáhlo vývojového stádia blastocysty. Vědci vybrali 42 nejživotaschopnějších zárodků a ty přenesli do pohlavního traktu 32 krav. Zabřezlo jen osm příjemkyň embryí. Dvěma byly odebrány vyvíjející se gauří plody pro zevrubné analýzy, u dalších pěti krav plody odumřely zhruba po třech měsících. Klonovaný plod úspěšně donosila jen jediná kráva (Bessie). Klonovaný gaur nakonec přišel na svět císařských řezem v prvních dnech roku 2001. Noah trpěl od prvních okamžiků řadou vážných zdravotních problémů. Musel dýchat kyslík a na nohy se postavil až po dvanácti hodinách usilovné práce ošetřovatelů a veterinárních lékařů. Jednu chvíli to s ním vypadalo velice nadějně, ale pak náhle uhynul na silnou střevní infekci. První klonovaný gaur žil necelých 48 hodin (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>). Listopadu roku 2000 na Sardinii, se narodilo ovci mufloní mládě. Ke klonování byly použity vajíčka ovčí domácí, domácí ovce i muflona donosila (mezidruhovému klonování, pouze u příbuzných druhů) (Petr, 2001b).

Nad klony ovčí, skotu, prasat a koz bádali experti amerického úřadu pro potraviny a léčiva (FAD). Zjistili, že produkty (mléko, maso,...) těchto klonů jsou stejné jako produkty zvířat, jež přišla na svět jinak než klonováním. Jejich konzumace nenese tedy žádná rizika (Petr 2007c).

Terapeutické klonování si neklade za cíl vytvoření klonu, ale je cíleno na léčbu chorob a poranění. Přenosem pacientova jádra do oocyty by vzniklo embryo obsahující (embryonální) **kmenové buňky**, které si uchovávají schopnost diferencovat se na kterýkoli ze zhruba 230 buněčných typů lidského těla. Embryonální kmenové buňky lze v laboratorních podmínkách množit a změnou kultivačních podmínek (přídavkem různých růstových faktorů) diferencovat na požadované typy somatických buněk (Petr, 2004; Petr, 2007; www.21stoleti.cz/view.php?cislocianku=2004031903).

Kmenových buněk máme v těle několik, nikdy jich neubývá, protože při dělení jedna buňka zůstává podobná mateřské a nahradí ji, druhá se vydává na novou „profesní dráhu“. Experimenty testující schopnost embryonálních kmenových buněk a některých somatických kmenových buněk opravit poškozenou tkáň ukázaly, že se tyto buňky zachycují právě v poškozené tkáni, i když jsou vpraveny do krevního řečiště v místě od poškozené tkáně vzdáleném. Přesný mechanismus není dosud znám. Další pokusy ukázaly, že tyto buňky jsou schopny rozpoznávat nejen tkáň poškozenou mechanicky nebo zánětem, ale i tkáň nádorovou včetně metastáz. Pokusy na myších jsou zatím úspěšné.

Velkým problémem je získávání embryonálních kmenových buněk. Vědci pátrají v lidském těle po obdobně všestranných buňkách jako jsou embryonální, jejichž odběr by byl z etického hlediska méně kontroverzní. Velké naděje upírají například k mezenchymálním kmenovým buňkám z kostní dřeně. Dalším zdrojem četných kmenových buněk je i amniová tekutina, tzv. AFS buňky. Vědci zatím uspěli při všech pokusech o přeškolování AFS buněk na novou profesi (buňky cév, nervové buňky, atd.) (Pacherník, 2007; Ouředníkovi, 2007; Petr, 2007b; Petr, 2006; Petr, 2007d; Zouzalík, 2005; Soukupová, 2006).

V roce 2003 v Praze prvnímu pacientovi byly po těžkém infarktu myokardu implantovány vlastní kmenové buňky z kostní dřeně. Po zlepšení metodiky následovali další pacienti, u člověka se zlepšení projevovalo daleko výrazněji než u myši. Zatím však lidské kmenové buňky nemohou být nijak upravovány či značeny a tak se neví zda regenerace srdečního svalu pomocí kmenových buněk u lidí funguje jinak než u myši. Podobné pokusy probíhají v Německu a Holandsku.

Na zvířecích modelech (především na myších) už bylo dosaženo diferenciací embryonálních kmenových buněk na buňky pohlavní – na vajíčka i spermie. Postup má ještě hodně daleko do dokonalosti. Neplodným párům se tak otvírá následující šance. Z těla partnerů budou odebrány diferencované somatické buňky a jejich jádro bude přeneseno do vajíčka zbaveného vlastní dědičné informace. Vzniklé embryo bude přeměněno na embryonální kmenové buňky a u těch bude ve specifických podmínkách navozena diferenciací na spermie nebo vajíčka. Takto vzniklé pohlavní buňky budou použity asistovanou reprodukcí k vytvoření embrya oplozením. Zárodek bude ve své dědičné informaci kombinovat dědičnou informaci obou biologických rodičů. Nebude to tedy klon. Terapeutické klonování by tak znovu naplnilo své základní poslání – přispělo by k léčbě, tentokrát k léčení neplodnosti.

Experimenty na myších naznačují, že spermie lze vytvořit i embryonálních kmenových buněk samice. A naopak, vajíčko může vznikat i ze samčích embryonálních kmenových buněk. To otevírá cestu k biologicky vlastním potomkům i pro homosexuály. Ženy by ze svých embryonálních kmenových buněk samozřejmě získávaly jen spermie nesoucí pohlavní chromozom X. Použitím takových spermií pro oplození by se rodila výhradně děvčata, ale to by zřejmě nepředstavovalo zásadní problém. U mužů by vznikala kromě obvyklých vajíček s pohlavním chromozomem X i vajíčka s pohlavním chromozomem Y, jež by mohla být defektní. Ale ani výběr vajíček s pohlavním chromozomem X by nepředstavoval zásadní problém. Už dnes jsou k dispozici metody, které dovolují rutinní separaci spermií podle pohlavních chromozomů.

Pokud se naplní tato vize, pak se stane reprodukční klonování člověka zbytečným. Svět se jej obává zcela zbytečně. Jeho alternativu v podobě terapeutického klonování však nebude zřejmě snadné bez výhrad přijmout a mnozí lidé ji nejrůznějších důvodů zavrhnou. Někteří lidé vyčítají terapeutickému klonování, že při tvorbě embryonálních kmenových buněk dochází k destrukci lidského embrya. Především pro křesťany je to vzhledem k jejich přesvědčení, že člověk jako jedinec vzniká v okamžiku početí, zcela nepřijatelné. Terapeutické klonování odsuzují jako zabití lidského jedince. I to je námět pro diskusi mezi odborníky z přírodovědných i humanitních oborů i mezi laickou veřejností (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>; www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/).

Oproti embryonálním kmenovým buňkám - u kterých hrozí etické problémy, **kmenové buňky z pupečnickové krve**, poskytují při použití v medicíně vynikající a eticky bezproblémovou alternativu. Pupečnicková krev obsahuje velký počet kmenových buněk (u dospělých se kmenové buňky nacházejí ve větším počtu pouze v kostní dřeni). Tyto tkáně a orgány zajišťují krevní oběh, nervový a imunitní systém atd. Odběr pupečnickové krve neznamena žádnou ztrátu ani pro novorozence, ani pro jeho matku, jelikož krev zůstávající v placentě a pupečnickové šňůře by byla po porodu zlikvidována jako biologický odpad, pokud neumožníme odběr a

následné uchování kmenových buněk. Kmenové buňky získané z pupečnickové krve lze s úspěchem využít i pro léčbu jiné osoby - např. rodinného příslušníka. Kmenové buňky získané z pupečnickové krve již byly v mnoha případech použity na léčbu různých onemocnění. Kmenové buňky lze dlouhodobě uchovávat ve stavu hlubokého zmrazení, bez újmy na kvalitě (www.rodina.cz/clanek5270.htm; Doušková, 2004; www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/schopnosti-kmenovych-bunek-z-pupecnikove-krve-/).

c) Agregace

Poslední, třetí, metoda klonování se nazývá **agregace** (tvorba chimér, spojování zárodků). Při této metodě je dohromady spojeno několik velmi časných zárodků. Zárodky splynou v celistvý útvar, který se chová jako jeden jediný zárodek schopný dokončit úspěšně vývoj. Chiméry mohou vznikat spontánně. Tělo chiméry obsahuje buňky různého původu, odvozené z embryí, jejichž agregací byl zárodek chiméry vytvořen. Jaký podíl případně v těle chiméry na buňky vzniklé z jednotlivých embryí, určuje do značné míry náhoda, stejně jako to, kam se v těle chiméry buňky z jednotlivých embryí dostanou (Petr 2003a, Petr 2007d).

1.1.2 Klonování DNA

Nejvíce je znám termín **klonování živočichů**, popř. buněk. To však nelze směřovat s **klonováním DNA** - množení daného úseku DNA. Tímto úsekem může být např. určitý gen - **klonování genu** (<http://biologie.upol.cz/metody/Klonovani%20DNA.htm>).

Hlavním účelem klonování je vnést do určité (tzv. recipientní) buňky úsek DNA z jiného organismu a přimět tuto buňku, aby cizí DNA přijala a dále ji replikovala. Tak dojde k namnožení (naklonování) příslušného úseku DNA.

Chceme-li dosáhnout, aby se cizí DNA v buňce příjemce replikovala, musíme zajistit její vstup do nitra této buňky. Dále musí být vnesená cizí DNA rozpoznána replikačními enzymy, aby mohla být použita jako templát k syntéze nových řetězců. K tomu účelu ji začleníme do jiného molekuly DNA, tzv. **vektoru**. K nejvhodnějším vektorům patří bakteriofágová nebo plazmidová DNA. Postupy směřující k tvorbě nových molekul DNA (které se v přírodě nevyskytují) nazýváme **techniky rekombinantní DNA**. V laboratoři se tato technika používá k zmnožení (klonování) určitého genu. Dále se využívá při vzniku geneticky modifikovaných organismů. Postupy rekombinantní molekuly DNA mohou být užitečné v medicíně při zavádění genové terapie (Kočárek, 2007).

Jako klonovací vektory (tzn. molekuly DNA, které zajistí vstup příslušného genu do buňky) se používají:

- Plazmidy**, malé molekuly kruhové DNA, které se vyskytují přirozeně v bakteriálních buňkách. Ve své přirozené podobě obsahují genetickou informaci, která není nutná pro běžný život hostitelské bakterie, ale může být užitečná v některých životních situacích. Do plazmidu lze běžně vložit molekulu cizí DNA, jejíž velikost nepřesahuje 10-15 kb, v ideálním případě lze vložit i molekuly kolem 22 kb. Plazmidy vnášíme do bakteriálních buněk **transformací**.
- Bakteriofágy**, viry, které napadají bakterie. Bakteriofág s uměle začleněnou cizí DNA pronikne do buňky, ve které dojde k namnožení celé fágové DNA. Tento proces, kdy dochází k začlenění nového úseku DNA do genetické výbavy hostitelské buňky prostřednictvím viru, se nazývá **transdukce** (<http://bakteriofag.navajo.cz>).
- Kombinace plazmidové a bakteriofágové DNA** představují výhody obou předchozích vektorů. Lze s nimi klonovat delší úseky než v případě plazmidů a na rozdíl od klasických bakteriofágů zpravidla nedochází k rozpadu (lyzi) infikovaných buněk.

- d) **Umělé chromozomy** se využívají ke klonování velmi dlouhých úseků cizí DNA (<http://biologie.upol.cz/metody/Klonovani%20DNA.htm>; Kočárek, 2007; <http://genetika.wz.cz/prokaryota.htm>).

1.2 Genové inženýrství a geneticky modifikované organismy

Základem genového inženýrství je horizontální přenos genů (Kočárek, 2004). Tzn. výměna genetického materiálu mezi různými organismy. (Vertikální přenos je uskutečňován z rodičů na potomky, popř. z mateřské buňky do dceřiných buněk.)

Díky horizontálnímu přenosu genetické informace jsou běžně v přírodě získávány nové vlastnosti už stovky miliónů let. Součástí koncepce horizontálního přenosu genetické informace je endosymbiotická teorie. Endosymbióza, soužití dvou a více taxonomicky rozdílných organismů, a v jejím důsledku integrace částí nebo celých genomů, je jen částí široké mezidruhové výměny genetické informace (Šíma, Trebichavský, 2006).

Dnešní metody genového inženýrství umožňují do cílového organismu zasazení právě toho genu, té vlastnosti, kterou potřebujeme. Toto je možné prostřednictvím enzymů schopných DNA na určitém místě „rozstříhnout“ tak, aby vznikly konce, které se snadno spojí a znovu „sešijí“ jinými enzymy.

Cílem je změnit vlastnosti organismů, proto je třeba dosáhnout nejen replikace genu, ale především jeho exprese, tj. tvorby proteinového produktu. K tomuto účelu se využívá vektorový (plasmidy, bakteriofágy) i bezvektorový přenos - tj. přímé vnesení cizí DNA do buňky (např. mikroinjekce, biolistická metoda).

Na začátku byla, jako u mnoha objevů, vědecká zvědavost. Dva kalifornští vědci byli zvědaví, co se stane, když metodou plasmidů vnesou gen žáby do běžné bakterie. Zkusili to v roce 1973 – a bakterie produkovala žabí bílkovinu. Zrodila se technika **rekombinantní DNA (rDNA)**, neboli „stříhání genů“, čili **genové inženýrství**. Vzhledem k tomu, že umožňuje přenášet geny nazývá se **transgenose** a zákonodárci ji nazvali genetická modifikace, výsledný organismus pak **geneticky modifikovaný (GMO)**. Gen upravený metodami genového inženýrství a přenášený do nového hostitelského organismu se označuje jako **transgen**. Organismus, jehož genom obsahuje stabilně začleněný transgen, se označuje jako **transgenní (nebo též geneticky modifikovaný organismus)**

(Rosypal a kol., 2003; Drobník, 2006

; http://cs.wikipedia.org/wiki/Geneticky_modifikovan%C3%BD_organismus; Koukal, 2007; Zouzalík, 2005).

Geneticky upravené, vyšlechtěné (klasickými metodami) jsou snad všechny druhy zemědělských plodin a hospodářských zvířat.

Nejprve na žádoucí mutace jen pasivně čekali, později je začali vyvolávat uměle -umělé poškození DNA zářením nebo chemikáliemi.

Náš známý šlechtitel docent Josef Bouma vzal ječmene odrůdy Valtický a u přítele ho ozářil zubařským rentgenem. Z těchto semen vyšlechl slavnou odrůdu Diamant. Měla o 200 až 300 klasů víc na čtvereční metr, stéblo bylo o 15 cm kratší, takže nepoléhalo a výnos o 12% vyšší než původní odrůda. Dnes se např. na velkých plochách pěstuje radiační mutant - halotolerantní rýže, připravená v rámci programu Mezinárodní agentury pro atomovou energii. Jiným radiačním mutantem jsou růžové bezjaderné grapefruity.

1.2.1 Genetické modifikace u rostlin

K nejčastějším objektům genových manipulací patří v současné době rostliny. Cílem je především zvýšení výnosů a vyšší kvalita plodů. Velké naděje se také vkládají do plodin obsahující zvýšené množství vitamínů nebo jiných složek potravy. Předpokládá se, že by jejich pěstování mohlo alespoň z části zabránit rozsáhlým hladomorům v zemích třetího světa (www.greenpeace.org/czech/kampane2/geneticke-modifikace).

Na světě ročně probíhají stovky pokusů s geneticky modifikovanými (GM) plodinami. První transgenní odrůda, rajče FlavrSavr, byla povolena v roce 1994. Tato odrůda pomocí transgenu blokuje vlastní gen pro glukonázu – enzym, který se uplatňuje při rozkladu střední lamely buněčné stěny ve zralých plodech a podmiňuje měknutí plodů rajčat a jejich zvýšenou citlivost k hnití. Tyto rajčata se tedy mohou sklízet později, mají lepší chuť a vůni.

Mák Norman neprodukuje morfin ani kodein (není zneužitelný pro výrobu drog). Produkuje surovinu využitelnou k výrobě nových léků proti malárii. V Tasmanii, která je producentem 40 % světové sklizně se pěstuje téměř na všech polích.

Zlatá rýže nese gen kukuřice pro tvorbu beta-karotenu, z něhož v lidském těle vzniká vitamin A, jehož nedostatek vede k poruchám zraku. Předpokládá se, že by tato plodina mohla vyřešit problémy s nedostatkem provitaminu A v chudých rozvojových zemích. Geneticky modifikovaná rýže může například zajistit obyvatelům třetího světa dostatečný přísun vitamínu A, jehož nedostatek připraví ročně o zrak asi 200 000 dětí. Je žlutě zbarvená.

Rajčata jsou například odolná proti mrazu díky genu z arktické ryby nebo produkují bílkovinu z viru, který vyvolává závažná dětská průjemová onemocnění (konzumace působí jako vakcína).

Jablko odolné vůči bakteriální spále tím, že obsahuje gen z mýry.

Pyrotechnický plevel – geneticky modifikovaný plevel huseníček mění barvu listů v přítomnosti oxidu dusičitého, uvolňovaného do půdy z výbušnin. Trsy barevně pozměněných rostlin tak prozradí, kde se v minovém poli skrývají miny (Soukupová 2006b).

První komerčně pěstované GM plodiny se objevili ve Spojených státech v roce 1996.

V roce 2005 se v ČR začala pěstovat GM kukuřice (270 ha). V některých případech zaznamenali pěstitelé i kladný přínos v oblasti sklizňových ztrát, v úsporách práce a jiných nákladů – například díky omezení nutnosti monitorování přítomnosti škůdce nebo ve snížení opotřebení techniky potřebné k aplikaci insekticidů. Zápory byly respondenty spatřovány především v administrativě spojené se zaváděním pěstování GM odrůd kukuřice a ve vysoké ceně osiva. Omezení uplatnění produkce bylo rovněž zaregistrováno. Pod tlakem odběratelů došlo v jednom případě i k zaorání již osetých ploch GM kukuřicí

(Stockelová, 2004; Ondřej, 2006; Kučera, Čerovská, 2006; Koukal, 2005a).

Transgeny lze do rostlinného genomu vnášet prostřednictvím plazmid bakterie, která způsobuje na rostlinách zduřeniny připomínající nádor – *Agrobacterium tumefaciens*. Bakterie vnese do rostlinné buňky svůj plazmid, na kterém jsou geny – rostlinné, živočišné, virové, bakteriální i syntetizované uměle. Ta část plazmidu, která se dostává do rostlinných buněčných jader a jejíž geny v rostlinách projevují, byla nazvána T-DNA (Sedláček, 2007; http://cs.wikipedia.org/wiki/Agrobacterium_tumefaciens). Používají se transgeny pro odolnost vůči herbicidům, k hmyzím škůdcům, k virům, vůči bakteriálním a houbovým chorobám.

Transgeny vůči herbicidům byly přeneseny do rostlinného genomu jako jedny z prvních (angl. HT, herbicide-tolerant). Herbicid zpravidla působí vysoce specificky, inaktivuje některý enzym, který je životně důležitý právě jen v rostlinných buňkách, ale často není vůbec přítomen v buňkách živočišných (Šifer, 1998). Při tvorbě transgenů pro odolnost k hmyzím škůdcům se využívá protein - toxin bakterie *Bacillus Thuringiensis* – delta-endotoxin. Různé poddruhy a kmeny vytvářejí toxiny se specifitou proti různým čeledím hmyzu. Toxiny těchto bakterií jsou netoxické pro obratlovce. Protein působí v trávicím traktu hmyzu (když ji pozře určitý hmyz,

bílkovina se v jeho střevech rozpustí a proděraví trávicí trubici), otráven může být pouze predátor, který do rostliny kousne, ne hmyz, který náhodně přeleze. Pěstují se Bt-odrůdy bavlníku (1990), kukuřice (u nás – proti zavíječi kukuřičnému), bramboru. Zemědělci používali tento bacil již mnoho let – stříkali jím pole. Problém byl v tom, že na povrchu listu dlouho nevydržel a postřik se musel přesně načasovat na žír škůdce. I u nás je stále významnější Bt kukuřice, v roce 2005 se poprvé pěstovala na produkci vyselo se jí 270 ha, v roce 2006 již 1290 ha. (ochrana Bt kukuřice byla ve všech případech 100%) (www.biotrin.cz; Hrdý, 2003; Přeučil, 2008; Petr, 2008; www.mze.cz/attachments/zemedtydenik3.pdf; Pazdera, 2008; Pazdera, 2002).

Odolnost proti virům byla navozena přenosem genu pro tvorbu plášťového proteinu viru tabákové mozaiky, jehož přítomnost v rostlinných tkáních vyvolává jak odolnost proti tomuto viru, tak i proti virům jemu příbuzným. Při množení viru se nově syntetizované molekuly RNA předčasně obalí plášťovým proteinem a vznikají defektní virové částice. Tato metoda se ověřila u viru tabákové mozaiky, X-viru bramboru, viru mozaiky okurky a viru mozaiky vojtěšky (Rosypal, 2003; www.biotrin.cz; www.agbioforum.org/v7n12/v7n12a07-gonsalves.htm).

1.2.2 Genetické modifikace u živočichů

Genetické modifikace by mohly přispět k:

a) ozdravení živočišných produktů. Příkladem jsou geneticky modifikovaná prasata, která získala gen *fat-1* odpovědný za tvorbu enzymu převádějícího málo žádoucí, ale zato hojné omega-6-mastné kyseliny na žádoucí omega-3-mastné kyseliny. Konzumace vepřového masa z těchto GM zvířat by mělo mít příznivý efekt na kardiovaskulární systém konzumentů a měla by jim skýtat ochranu před nádorovými onemocněními (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>). Genetická modifikace, která by nahradila mléčné bílkoviny skotu za bílkoviny mateřského mléka, by odstranila problémy se vznikem alergií na bílkoviny kravského mléka, především na alfa-laktalbumin, beta-laktoglobulin a kaseiny. Transgenozí byly připraveny též ryby, vyznačující se tolerancí ke změnám obsahu solí ve vodě, velmi rychlím růstem nebo odolností vůči výkyvům teploty (Rosypal 2003),

b) zvýšení odolnosti k ekonomicky významným chorobám. Zajímavý projekt byl realizován u skotu a týkal se získání odolnosti k mastitidám vyvolaných bakterií *Staphylococcus aureus*. Odolná linie skotu vznikla přenosem bakteriálního genu pro lysostaphin z bakterie *Staphylococcus simulans*. Lysostaphin má schopnost ničit bakterie *Staphylococcus aureus* a GM krávy, které jej produkovaly v mléčné žláze, byly výrazně odolnější mastitidám. Lze využít i genový knock-out. Cílené narušení genu pro tzv. prionový protein zajišťuje u nositelů této defektní vlohy odolnost k prionovým onemocněním (spongiformním encefalopatiím). Tímto způsobem byl získán skot odolný vůči BSE a ovce odolné ke skrapii. Značné úsilí je věnováno genetické modifikaci drůbeže (kura), jež by zajistila odolnost k chřipkovým virům typu A, především pak k subtypům, u nichž hrozí přenos z drůbeže na člověka (např. H5N1, H7N7). Projekty s tímto cílem byly zahájeny ve Velké Británii a v Číně (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>),

c) zvýšení růstových schopností. Naděje vyvolané úspěchem při zvýšení intenzity růstu GM myši (např. přenosem genů pro růstový hormon, protein c-ski, růstový faktor IGF1) se u hospodářských zvířat (prasat, skotu, ovcí) nenaplnily. Přenosem genu pro releasing hormon růstového hormonu (RHGH), který měl regulační sekvence upraveny tak, aby produkoval modifikovaný RHGH s prodlouženou biologickou aktivitou ve svalovině, se podařilo u prasat docílit zvýšení intenzity růstu zhruba o 30% při srovnatelné spotřebě krmiva. Praktické uplatnění těchto genetických modifikací je krajně nepravděpodobné

(<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>),

d) ochraně životního prostředí. Navzdory skutečnosti, že jsou genetické modifikace často stavěny do protikladu s ochranou životního prostředí, může být chov GM hospodářských zvířat pro ochranu životního prostředí velkým přínosem. Příkladem jsou GM prasata, která mají přenesen do dědičné informace bakteriální gen pro fytázu. Enzym pro rozklad rostlinného fytátu vylučují GM prasata ve slinných žlázách. Díky tomu lépe využívají pro ně jinak těžko dostupný fosfor vázaný ve fytátu rostlinných krmiv. U linie GM prasat Enviropig získané na universitě v kanadském Guelphu klesá množství fosforu vylučovaného s výkaly až o 70%. To má při velkém objemu likvidované prasečí kejdy značný význam pro ochranu povrchových vod před eutrofizací

(<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

1.2.3 Geneticky modifikované organismy v lékařství

Prvním produktem genového inženýrství byl v roce 1982 lidský inzulin.

Brzy po něm byl připraven růstový hormon. Pacienti trpící cukrovkou nebo poruchami růstu dnes běžně užívají tyto hormony produkované geneticky modifikovanými bakteriemi.

V roce 1986 byla vytvořena první humánní vakcína proti hepatitidě typu B zavedením genu pro tvorbu povrchového proteinu viru hepatitidy B do kvasinkových buněk.

Za perspektivní se považuje vytváření transgenních zvířat, z jejichž tělních tekutin nebo tkání (např. mléka, krve, moče) lze získávat farmakologicky významné látky. Spojením metodologie klonování živočichů s přenosem genů lze též připravit transgenní klonovaná zvířata fungující jako živé bioreaktory produkující cenné bílkoviny. Nejvíce se ale v současnosti klonuje s cílem vytvořit transgenní zvíře v jehož těle je díky genetickému zákroku syntetizována lidská bílkovina, kterou lze po izolaci a vyčištění využít pro léčbu lidských onemocnění.

Prvním takto naklonovaným "živým bioreaktorem" se stala ovečka Polly, která nese ve své dědičné informaci gen pro lidský srážlivý faktor IX, bílkovinu, jež chybí lidem stíženým chorobnou krvácivostí neboli hemofilií. Roku 1994 byly připraveny geneticky modifikované buňky křečka, které se pěstují v kultuře a syntetizují enzym deoxyribonukleázu, který slouží k léčbě pacientů s cystickou fibrózou. Jeho působením se rozpouští hlen, který se hromadí v plicích a může způsobit zadušení. (Kočárek, 2004). Na konci roku 1998 se podařilo naklonovat tři kozy, které nesou ve své dědičné informaci gen pro lidský antitrombin III. Tato bílkovina brání srážení lidské krve. Lze ji proto využít při léčbě infarktů nebo mozkových cévních příhod. Lékaři by mohli využít antitrombin III i při operacích srdce a plic, kdy pacientova krev prochází umělým krevním oběhem a roste riziko vzniku krevních sraženin schopných ucpat v těle pacienta životně důležité cévy. V sklonku roku 1999 končila ve Spojených státech poslední fáze ověřovacích testů, na jejichž základě mělo být povoleno používání lidského antitrombinu III z transgenních koz v humánní medicíně.

Byly připraveny např. transgenní ovce, jejichž mléko obsahuje vysoké procento lidského faktoru pro srážení krve, který se používá pro léčbu hemofilie (Rosypal, 2003).

Na podzim roku 1999 se měla narodila v Kanadě kůzlata, která dojí v mléce bílkovinu pavučiny. Při účinnosti izolace bílkoviny z mléka nad 80% a čistotě izolovaného proteinu přesahující 99% bude možné získávat pavoučí protein v množstvích, jakým by nedokázala konkurovat ani produkce gigantické pavoučí farmy. Pavučina vyniká nejen pevností, ale i tím, že ji velmi dobře snáší lidské tělo. Lékaři spatřují v BioSteelu nadějnou srovinu pro konstrukci láhradních šlach a vazů. BioSteel také poskytne vynikající materiál pro chirurgické zákroky. Např. pro oční operace a operace mozku. Chirurgický steh z BioSteelu se totiž beze zbytku vstřebá

(<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>; Patočka, 2007).

Genová terapie

Pod pojem genová terapie (GT) můžeme zahrnout všechny postupy, které využívají přenosu genetického materiálu do buněk pacienta k léčebným účelům. Princip genové terapie je jednoduchý. Do těla pacienta je vpraven „nový“ gen. Ten může nahradit gen „nefungující“ a nebo si podle „nového“ genu tělo vytvoří lék, který nemoc vyléčí. Metodologie GT je uplatnitelná tam, kde je známa molekulární podstata nemoci. Vzhledem k tomu, že poznatků o patogenezi chorobných stavů na molekulární úrovni přibývá, rozšiřuje se i okruh indikací pro GT (www.biotrin.cz/czpages/p_g_t.htm).

Předpokládá se, že nejvhodnější vektory jsou p2ávé viry (zejména adenoviry a některé retroviry), jejichž aparát umožní vstup nukleové kyseliny se zabudovaným funkčním genem do buňky pacienta (Šenigl, 2006).

Ačkoliv se při zrodu GT uvažovalo především o jejím využití při léčbě vrozených chorob, většina probíhajících klinických studií se zaměřuje na choroby získané. Mezi nimi dominují zhoubné nádory, ale intenzivně se její postupy prověřují také např. při léčbě kardiovaskulárních a metabolických chorob, degenerativních nervových onemocnění, AIDS a také v transplantační medicíně. Stále se však jedná spíše o experimentální terapii, která s sebou může nést řadu vedlejších efektů (Schreibe, 2007; Soukupová, 2007b).

První pokusy s tímto způsobem léčby se uskutečnily už v roce 1990. při léčbě tzv. syndrom SCID (Severe Combined Immunodeficiency Disease). Jde o velmi vážnou genetickou poruchu, která má za následek nefunkčnost lymfocytů nezbytných pro obranyschopnost organismu. V případě silného postižení nemocný obvykle umírá během prvních let života.

Počáteční nadšení bohužel netrvalo dlouho. U tří z 11 pacientů se vyvinula leukémie.

V roce 2001 vyléčeno deset "bublinových dětí". U čtyřech propukla leukémie. Ve světě bylo provedeno podobných léčebných zákroků 40 a počet dětí, u nichž propukal leukémie se nedávno zvýšil na pět. Poslední oběť je chlapec z Velké Británie (Šenigl, 2006; Kočárek, 2007; www.rozhlas.cz/leonardo/clovek/_zprava/414852).

Nástup genové terapie a pokrok ve výzkumu lidského genomu rozšířil rejstřík technik pro stimulaci výkonů sportovců i o metody molekulární genetiky a genového inženýrství. Sportovci sáhnou po těchto vymoženostech jako jedni z prvních a využijí je k dopinku (tzv. genový dopink). Například zásahem do dědičné informace lze zvýšit ve svaích produkce růstového faktoru a navodit tak růst svalů (testy na myších). V roce 1998 vědci popsali přirozeně se vyskytující variantu genu, který pomáhá k vyšší fyzické vytrvalosti. Výhody se projeví například při zdolávání himálajských osmitisícovek. Možnosti genového dopinku rostou s tím, jak se zdokonalují metody genové léčby a jak se rozšiřují naše vědomosti o dědičném základu vlastností předurčujících člověka k špičkovým fyzickým výkonům (Petr 2007a, Soukupová, 2007a).

V různých zemích jsou přístupy k geneticky modifikovaným organismům různé. V USA je hlavním nástrojem ekonomizace zemědělství stejně jako v Argentině. V Indii dosáhlo pašování takových rozměrů, že ho země raději legalizovala. Největší tempo ve vývoji a používání transgenních plodin a ryb nasadila Čína. Evropa se cítí ohrožena, protože transgenní plodiny svou ekonomičností tlačí ceny dolů.

Hlavní kritické postoje a obavy z GMO jsou spojeny:

- 1) s možnými zdravotními a environmentálními riziky při uvolňování GMO do prostředí ve velkém měřítku,
- 2) s genetickým znečištěním zemědělského prostoru modifikovanými geny (např. přenosem pylu), které znemožní koexistenci jiných způsobů zemědělské produkce s pěstováním GM plodin a může vést k vzniku nových, obzvláště rezistentních druhů plevelů,

- 3) s růstem vlivu velkých korporací na zemědělství v globálním měřítku a s opakováním kolonizačního scénáře „zelené revoluce“ v zemích třetího světa v sedmdesátých letech,
- 4) s nedostatkem průhlednosti při vytváření a užívání expertního vědění a v rozhodovacích procesech (Drobník, 2003; Stöckelová, 2004; Pekárková, 2004; Koukal, 2007).

Pravidla pro činnosti s GMO jsou v České republice stanovena zákonem č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, podrobnosti upřesňuje prováděcí vyhláška č. 209/2004 Sb., o bližších podmínkách nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty. Zákon stanoví povinnosti osob, působnost správních úřadů, administrativní postupy při povolování nakládání s GMO a genetickými produkty, včetně informování a zapojení veřejnosti, dále také sankce (pokuty) za porušení předpisů v této oblasti.

Je třeba označovat nejen samotné GMO, ale také výrobky obsahující či vyrobené z GMO, kde podíl jednotlivých geneticky modifikovaných složek nebo složky ve výrobku je vyšší než 0,9 %. V tomto případě hovoříme o náhodné příměsi GMO, a takové, jejíž přítomnosti nelze technicky zabránit.

1.3 Biotechnologie

Biotechnologie používají živé organismy, buňky nebo jejich části (enzymy) k výzkumu, jehož poznatky pak dávají vzniknout novým produktům a aplikacím v medicíně, zemědělství, potravinářství, ochraně životního prostředí a alternativních metodách výroby v chemickém průmyslu či jiných průmyslových procesech. V současnosti je biotechnologie interdisciplinární vědou, která je ovlivňována chemií, biologií, fyzikou, materiálovými naukami, inženýrstvím a informatikou (www.biotrin.cz).

Pod pojmem biotechnologie rozumíme soubor výrobních postupů založených na využití biologických, resp. biochemických procesů (Kočárek, 2007).

Biotechnologie můžeme rozdělit na tzv. klasické a moderní. Mezi klasické řadíme kvasné procesy využívané od nepaměti (využívají mikroorganismy pro výrobu některých potravin a nápojů – sýry, pivo, víno, ...). V těchto případech šlo o přírodní pochody, ve kterých hlavní roli hrála aktivita jednobuněčných organismů a nižších hub.

Moderní biotechnologie se začínají rozvíjet od druhé poloviny 20. století. Jejich základem je genetické inženýrství. Je to jakýsi nástroj moderních biotechnologií, který zahrnuje řadu technik používaných ke zkoumání a/nebo úpravě genetické stavby buněk nebo organismů. Za pomoci technických a enzymatických „nástrojů“ genetického inženýrství je možné izolovat, zmnožovat, definovat, vybírat, rušit, vkládat, klonovat, přestavovat nebo přenášet specifické sekvence DNA (www.biotrin.cz/czpages/inf051303d.htm#01).

Genetické inženýrství jen změnilo pouze fakt náhodnosti (nejedná se pouze o nahodilé mutace, ale o cílenou změnu). Vyvinulo i metody, jak přenášet geny i mezi geneticky zcela rozdílnými jedinci - např. mezi faunou a flórou.

Konečným cílem těchto genových manipulací je zejména:

1. Zvýšit výnosy, odolnost a nutriční hodnotu zemědělských plodin,
2. zvýšit produkci hospodářských zvířat, drůbeže a ryb,
3. zlepšit chuť, kvalitu a trvanlivosti potravin,
4. připravit léčiva a jiné biopreparáty ve vyšším množství a vyšší kvalitě,

5. vypěstovat mikroorganismy vhodné pro ekologické čištění vody, půdy, popř. jiných složek životního prostředí (Kočárek, 2004).

2. Analýza tématu v současně platných kurikulárních dokumentech a učebnicích

Nezbytným předpokladem pro dosažení cílů diplomové práce byla analýza Rámcových vzdělávacích programů, učebnicové a populárně naučné literatury vztahující se ke sledované problematice.

2.1 Rámcové vzdělávací programy - RVP G

Rámcové vzdělávací programy (dále jen RVP) vydává MŠMT po projednání s věcně příslušnými ministerstvy. Vymezují závazné rámce vzdělávání pro jeho jednotlivé etapy (pro předškolní, základní a střední vzdělávání). RVP vycházejí z nové strategie vzdělávání, která zdůrazňuje klíčové kompetence, jejich provázanost se vzdělávacím obsahem a uplatnění získaných vědomostí a dovedností v praktickém životě. Pro střední vzdělávací proud, na který je tato práce zaměřena, budou platit RVP pro gymnaziální a RVP pro střední odborné vzdělávání. Vymezují povinný obsah, rozsah a podmínky vzdělávání, jsou závazné pro tvorbu školních vzdělávacích programů (ŠVP), pro hodnocení výsledků, pro tvorbu a posuzování učebnic, vymezují profesní profil absolventa, stanoví podmínky pro vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami. **Školní vzdělávací program** si vytvářejí školy samy a zveřejňuje ho ředitel školy. Stanovuje obsah vzdělávání uspořádaný do předmětů nebo jiných ucelených částí učiva.

Schválením RVP dostali učitelé do rukou možnost vytvořit si vlastní vzdělávací program (ŠVP), založený na jejich představách a zkušenostech s výukou.

RVP G je orientačně rozdělen do osmi vzdělávacích oblastí. Jednotlivé vzdělávací oblasti jsou tvořeny vzdělávacím oborem nebo více obsahově blízkými vzdělávacími obory. Každá **vzdělávací oblast** obsahuje charakteristiku vzdělávací oblasti, cílové zaměření vzdělávací oblasti a vzdělávací obsah. Vzdělávací obsah je propojený celek očekávaných výstupů a učiva, které jsou pro tvorbu ŠVP závazné. Do vzdělávacích oblastí (oborů) se promítají průřezová témata. Průřezová témata tvoří povinnou součást vzdělávání. Pomáhají doplňovat či propojovat, co si žáci během studia osvojili. Tato témata jsou v současnosti vnímána jako aktuální a mají především ovlivňovat postoje, hodnotový systém a jednání žáků.

Sledovaná problematika se nachází ve vzdělávacím oboru biologie, který je součástí vzdělávací oblasti **Člověk a příroda**. Vzdělávací oblast Člověk a příroda je členěna na vzdělávací obory Fyzika, Chemie, Biologie, Geografie a Geologie. Má umožnit žákům poznávat víceúrovňovost organizace přírody, že bariéry mezi jednotlivými úrovněmi organizace přírody reálně neexistují, jsou často jen v našem myšlení a v našich izolovaných přístupech (http://www.rvp.cz/soubor/RVP_G.pdf).

Sledovaná problematika zasahuje do vzdělávacího oboru biologie, vzdělávacího obsahu obecné biologie, biologie virů a bakterií, biologie rostlin, živočichů, člověka a samozřejmě nejvíce se objevuje ve vzdělávacím obsahu genetiky. Určitým dílem se dotýká také vzdělávací oblasti Člověk a zdraví a průřezového tématu Environmentální výchova.

2.2 Středoškolské učebnice biologie

Analýza učebnic byla provedena na základě studia následujících učebnic: Kočárek (2004), Šmarda (2003), Jelínek (2003), Jelínek, Zicháček (1998), Rosypal, a kol. (2003), Závodská R., (2006).

Výsledkem analýzy je tabulka č.1. V tabulce jsem hodnotila, je-li pojem uveden v souvislém učebnicovém textu, je-li uvedena jeho definice, případně jsou-li nad rámec definice uvedeny ještě další informace, příklady, hlubší vysvětlení.

- Šmarda, (2003), Genetika pro gymnázia

Tato učebnice je určena pro vyšší ročníky gymnázia a v řadě bodů navazuje na publikaci Obecná biologie (Kubišta, 2002). Sledované problematice je věnován poslední oddíl „Molekulární genetika“ kde se vyskytuje pojem genové inženýrství, vysvětlení biotechnologií i s příklady, vznik transgenních rostlin, jejich využití a naznačení transgenozy živočichů. Pojem GMO se v této učebnici nevyskytuje. Kapitola „Klonování“ se okrajově zmiňuje o metodách klonování (separace blastomer a přenos jader). Kromě základního učiva obsahuje tato učebnice rozšiřující údaje oddělené změnou písma a úkoly k promyšlení a procvičování.

- Kočárek, E. (2004), Genetika

Učebnice slouží pro výuku genetiky na středních školách, pro svou náročnost však může být využita studenty na vysokých školách s biologickým zaměřením. Tato učebnice má dvě části. První část se zabývá cytogenetikou a obecnou genetikou. Druhá část učebnice je věnována molekulární biologii, genomice a biotechnologiím. Je rozčleněna na 9 kapitol (15 – 23). Kapitola 22. „Čím viry obohatili genetiku“ informuje o uplatnění bakteriofágů v genovém inženýrství a zmíněna je transgenozy živočichů. Poslední kapitola je nazvána „Genetika na rozcestí“. Zde se autor věnuje tématu klonování. Na začátku vysvětluje pojem klonování a jeho významu. Dále se zabývá etickými a legislativními problémy klonování člověka, genovým inženýrstvím a transgenými organismy. Zajímavosti a poznámky jsou barevně odděleny. Publikace obsahuje odkazy na internetové zdroje. Každá kapitola je zakončena modelovými testovými otázkami s autorským řešením.

- Jelínek, J. (2003), Biologie a fyziologie člověka a úvod do studia obecné genetiky

Učebnice slouží pro výuku biologie jak na gymnáziích, tak studentům středních odborných škol, majících zájem o biologii. Oddíl učebnice „Úvod do studia obecné genetiky“, která obsahuje kapitolu zabývající se genovým inženýrstvím a klonováním, avšak pouze okrajově. GMO a biotechnologie tu zmíněny nejsou. Publikace obsahuje praktickou část, kde si žáci mohou ověřit a procvičit své znalosti.

- Jelínek, J., Zicáček, V. (1998), Biologie pro gymnázia

Učebnice odpovídá svým obsahem učivu čtyřletého gymnázia a vyšším ročníkům víceletých gymnázií. Je rozdělena na praktickou a teoretickou část. Klonování je vysvětleno pouze jako nepohlavní rozmnožování. Ostatní termíny tu obsaženy nejsou.

- Závodská R. (2006) Biologie buněk

Tato učebnice je určena širokému okruhu středoškolských studentů. Zahrnuje 14 kapitol. Obsahuje velké množství obrázků, jež napomáhají lepšímu porozumění učiva na základě vytváření konkrétních představ a správných představ o probíhajících jevech. V kapitole „Bakterie: velký svět nejmenších buněk“ je zmíněn pojem genové inženýrství a vysvětlen v souvislosti s využitím bakterií k produkci bílkovin.

- Rozsypal, S., a kol. (2003) Nový přehled biologie

Publikace podává základní poznatky biologických věd z hlediska vyššího obecného vzdělání. Je příručkou všech biologických oborů pro střední školy a úvodem do odborného studia biologie na vysokých školách. Slouží i k doplnění a spojení různých poznatků získaných

studiem jednotlivých biologických oborů v jediný vědecký celek. Obsah je rozdělen do deseti oddílů. Osmý oddíl „Dědičnost“ obsahuje kapitolu nazvanou „Genové inženýrství a biotechnologie“ (J. Doškař). V úvodu se dozvíme, čím se zabývá genové inženýrství. První část je věnována vysvětlení pojmu „klonování DNA“ a hlavním oblastem využití klonování DNA. Druhá část se zabývá přípravou rekombinantních molekul DNA a jejím přenosem do hostitelského organismu. Další část je věnována přípravě transgenních organismů jako základu moderních biotechnologií. Je zde vysvětlen pojem „GMO“ a hlavní cíle moderních biotechnologií. V podkapitolách se dočteme o geneticky modifikovaných jednobuněčných organismech, transgenních rostlinách a transgenních živočiších. Poslední kapitola nazvaná „Klonování živočichů“, kde jsou popsány způsoby vytváření klonů u živočichů, a to separace blastomer a přenos jader.

Tabulka č. 1.

Analýza gymnaziálních učebnic.

(x - pojem zmíněn, xx - zmíněn i vysvětlen, xxx - zmíněn, vysvětlen a uveden příklad či dále přiblížen)

		KLONOVÁNÍ	GMO	BIOTECHNOLOGIE	GENOVÉ INŽENÝRSTVÍ
Kočárek, 2004	Genetika	xxx	xxx	xxx	xxx
Šmarda, 2003	Genetika	xx	x	xx	xxx
Jelínek, 2003	Biologie a fyziologie člověka	xx			x
Jelínek, Zicháček, 1998	Biologie pro gymnázia	xx			
Závodská, 2006	Biologie buněk				xx
Rosypal, a kol., 2003	Nový přehled biologie	xxx	xxx	xxx	xxx

2.3 Rozšiřující publikace

Mezi publikace, které mohou žákům i učitelům sloužit při studiu, jsem zařadila: Petr (Klonování. Hrozba nebo naděje?, 2003), Bodmer, McKie (Kniha člověka, 1994), Šifner (Vybrané kapitoly z biotechnologií pro studující učitelství biologie a ekologické výchovy, 1998), Kočárek, E. (Molekulární biologie v medicíně, 2007).

- Petr, J. (2003), Klonování. Hrozba nebo naděje?

Tato kniha poskytuje čtenáři fakta a náměty k zamyšlení, aby si mohli vytvořit svůj vlastní názor. Hlavním tématem je klonování, které je dopodrobna vysvětleno s uvedením mnoha příkladů. Několik stran je věnováno i geneticky modifikovaným zvířatům a jejich využití lidmi. Nenalezneme zde informace o geneticky modifikovaných rostlinách.

- Bodmer, W., McKie, R. (1994), Kniha člověka

Tato kniha nenásilnou formou čtenáři vysvětluje jaký vliv má genetika na běžný život. Na příkladech ze života (dědičné choroby a jejich genetické příčiny) autoři vysvětlují složité zákonitosti genetiky a náročnost jejího výzkumu. V publikaci najdeme historii molekulární genetiky, klonování, vzniku prvních biotechnologických firem a genové terapie.

- Šifner, F. a kol. (1998), Vybrané kapitoly z biotechnologií pro studující učitelství biologie a ekologické výchovy

Tato skripta jsou určena nejen studentům přírodovědeckých oborů jako základní informační zdroj. Nejdelší část je věnována rostlinné biotechnologii, biotechnologii obratlovců a jejich využití. Klonování se věnuje jen jedna podkapitola.

- Kočárek, E. (2007), Molekulární biologie v medicíně

Publikace je zaměřena na molekulárněbiologické vyšetřovací metody v medicíně. Text je srozumitelný i pro studenty se základní znalostí středoškolské biologie a chemie. Učebnice je rozdělena do 24 kapitol. Ve 13. kapitole „Techniky klonování genů a rekombinantní DNA“ se dočteme o biotechnologiích, genetickém inženýrství, GMO a klonování. Všechny tyto pojmy jsou zde srozumitelně a stručně vysvětleny. Rozšiřující partie, popř. různé zajímavosti a doplňky jsou psány menším písmem pod hlavním textem.

Tabulka č. 2.

Analýza rozšiřujících publikací.

(x – pojem zmíněn, xx – zmíněn i vysvětlen, xxx – zmíněn, vysvětlen a uveden příklad či dále přiblížen)

		KLONOVÁNÍ	GMO	BIOTECHNOLOGIE	GENOVÉ INŽENÝRSTVÍ
PETR, J.	Klonování: hrozba nebo naděje?	xxx	xxx	xxx	xxx
BODMER, McKIE, 1994	Kniha člověka.	xxx		xxx	x
ŠIFNER, a kol., 1998	Vybrané kapitoly z biotechnologií	xxx	x	xxx	xxx
KOČÁREK, E. 2007	Molekulární biologie v medicíně	xx	xxx	xxx	xxx

2.4 Zahraniční „on-line“ zdroje

Díky rozvoji internetu jsem měla možnost prostudovat především anglické „on-line“ pracovní listy (worksheets) a nechat se jimi inspirovat. Většina se týkala ovce Dolly a transnukleárního klonování.

Ukázky pracovních listů jsou součástí přílohy č. 7.6.

3. Metodika práce

3.1 Příprava výukových materiálů

Na základě analýzy tématu v odborné a populárně vědecké literatuře a učebnicích jsem vytvořila dva výukové programy v PowerPointu doplněné o poznámky k jednotlivým oknům, texty pro učitele, které obsahují rozšiřující informace a pracovní listy pro žáky.

Vytvořila jsem:

- dva programy – „Klonování“ a „Geneticky modifikované organismy a biotechnologie“, které mohou sloužit pedagogům během výuky, případně žákům při samostudiu. Pod každým oknem jsou vloženy poznámky obsahující doporučený „výkladový“ text, zajímavosti a autorské řešení úloh. Text v jednotlivých oknech se většinou nezobrazuje najednou, ale postupně a tempo si může pedagog určovat sám. Výhodou tohoto postupu je, že žák nepředbíhá při psaní zápisů výkladu učitele. Při tvorbě prezentací jsem vycházela z učebnic biologie, zejména z Kočárka (2002) a Rosypala (2003). Obrázky pro prezentace jsem čerpala z materiálů od Prof. Petra a z internetových zdrojů uvedených v kapitole 6,
- dva pomocné texty pro učitele, které rozšiřují informace k prezentacím. Vycházejí zejména z rozšiřujících publikací, uvedených v tabulce 2, z časopisecké literatury a internetových zdrojů uvedených v kapitole 6. Je na zvážení každého pedagoga, aby žáka upozornil na to, v souladu se školním vzdělávacím programem, co považuje za nezbytné a co je nad rámec výuky,
- čtyři pracovní listy sloužící k opakování a upevňování učiva během výuky nebo bezprostředně po probrání daného tématu. Mohou být využity jak k samostatné práci žáků, tak i při práci ve skupině a rozvíjet tím kooperativní jednání. Navržené pracovní listy jsou zaměřeny na práci s textem, obsahují otevřené položky různé náročnosti, které zvyšují motivaci žáků vzhledem k učivu a upevní jejich znalosti. Ke každé položce je připojeno autorské řešení.

3.2 Přípravy na vyučovací hodiny

Cílem bylo rozpracovat témata klonování a GMO pro čtyři vyučovací hodiny základního typu s možným využitím ve dvou volitelných dvouhodinových seminářích. Každé prezentaci doporučuji věnovat dvě vyučovací hodiny. Prezentace na sebe navazují. Nejprve by měla být zařazena prezentace „Klonování“ a poté „Geneticky modifikované organismy a biotechnologie“. Tato témata jsou součástí výuky genetiky. Odučení prezentací předpokládá, že žáci zvládli učivo obecné biologie, genetiky a tudíž by obě dvě prezentace měly být zařazené po probrání tohoto učiva ve třetím (čtvrtém) ročníku. Doporučená je čtyř hodinová dotace, ale záleží na učiteli jakou hodinovou dotaci bude těmto tématům v souladu s ŠVP věnovat. Žákům nejsou v hodinách sdělovány hotové informace, ale je kladen důraz na pěstování a rozvoj dovedností (intelektuálních). V prezentacích jsou také využity mezipředmětové vztahy.

Výukový program každé vyučovací hodiny je doplněn o klasické písemné přípravy, které se nachází v příloze č.7.5. Obsahují výčet opěrných a nově utvářených pojmů, odkazy na internetové stránky s doplňujícími a rozšiřujícími informacemi a doplňující poznámky k použitím videím.

3.3 Ověření navržených materiálů

Orientační ověření jsem provedla sama při podzimní pedagogické praxi v říjnu 2006 na gymnáziu v Kolíně. Jeho záměrem bylo vyzkoušet v praxi navržené materiály a na základě podnětů z výuky vypracovat jejich konečné podoby. Výuka proběhla ve dvou třídách čtvrtých ročníků při semináři (dvě hodiny). Na začátku hodiny jsem zjišťovala, jaké vědomosti žáci již mají (televize, časopisy, atd.). Vytvořené prezentace byly zaměřeny spíše na výklad nových pojmů. Žáci do výuky téměř nezasahovali. Protože neměli osvojené všechny poznatky z genetiky, musela jsem některé pojmy dovysvětlovat. Na konci výuky proběhla krátká diskuse, kde jsem zjišťovala, co se jim na prezentacích líbilo (co by se mělo změnit) a zda mají o danou problematiku zájem.

Na základě připomínek fakultního učitele a podnětů žáků jsem vytvořila definitivní podobu prezentací. Zařadila jsem více obrázků a příkladů z praxe. Dále jsem ji doplnila o otázky, které zvyšují motivaci žáků a plní funkci zpětné vazby, ověřují míru pochopení dané problematiky.

4. Výukové materiály

4.1 Výukový program Klonování

Prezentace „Klonování“ obsahuje 44 oken. Doporučená hodinová dotace je dvě vyučovací hodiny. Prezentace obsahuje obrázky, schémata a 4 videa. Doplnující informace k videím jsou obsaženy v přípravách na vyučovací hodiny v příloze 7.5. Každé okno je doplněno o poznámky, které se nacházejí v příloze 7.3. Doplnující a rozšiřující informace k této prezentaci jsou součástí přílohy 7.1.

Prezentace „Klonování“:

4.1.1 Metodické materiály pro učitele

Vytvořila jsem pomocný text pro učitele, který rozšiřuje informace obsažené v PowerPointových prezentacích a poznámkách k jednotlivým oknům. Text je součástí přílohy 7.1.

4.1.2 Pracovní listy

Pro výuku klonování jsem vytvořila dva pracovní listy. Pracovní list „Jak vznikla ovečka Dolly?“ obsahuje pět otevřených úloh a pracovní list „Co jsou kmenové buňky?“ obsahuje šest otevřených úloh.

Znění pracovních listů:

Pracovní list - **JAK VZNIKLA OVEČKA DOLLY?**

Při běžném rozmnožování pronikne samčí spermie do vajíčka a splyne s ním. Z vajíčka se vyvine zárodek a pak se narodí mládě, jehož dědičné vlastnosti jsou směsicí vlastností samce a samice.

Dolly je potomkem jalovice Finn Dorset. Buňky pocházející z vemene této 6-leté ovce byly zbaveny jádra (enukleace). Tato jádra byla vpravena do vajíček darovaných jinou ovci, také zbavených dědičné informace. Po sloučení vajíčka s jádrem elektrickým impulzem se začala buňka vyvíjet jako zárodek.

Takto vzniklo 277 vajíček majících diploidní jádro z dospělého zvířete. Po 6 denní kultivaci vajíček bylo 29 z nich, přeneseno do náhradních samic. Jedné se za 142 dní narodilo živé jehně, Dolly

(<http://resources.schoolscience.co.uk/BBSRC/casestudies/worksheet.pdf>).

Úlohy

- 1) Jestliže se plně diferencovaná buňka z vemene začne rozdělovat, jaký typ buněk se předpokládá, že se bude produkovat?
- 2) Běžné proniknutí spermie do vajíčka signalizuje start vývoje zárodku. Jak se dá tento signál nahradit bez zapojení spermie?
- 3) Dolly je výsledkem několika pokusů o narození klonovaného savce. Jaká je procentuální úspěšnost vzniku Dolly?
- 4) Dolly vlastně není přesnou kopií ovce, která darovala buňku z vemene. Vysvětlete.
- 5) Proč by byla tato metoda výhodnější pro chovatele vynikajících plemenných zvířat než použití umělé inseminace?

Autorské řešení

- 1) Dělicí se buňka obvykle produkuje buňky stejného typu jako je původní. Tzn. Buňka prsní žlázy se rozdělí na buňky, ze kterých vzniknou buňky prsní žlázy.
- 2) Elektrický impulz.
- 3) $1/277 \times 100/1 = 0,36\%$
- 4) Kopie, neboli klon, je skupina buněk nebo organismů, které vznikly nepohlavním rozmnožováním, takže jsou geneticky totožné. Dolly vznikla transnukleární klonováním (přenos jádra). Geny klonu vzniklého touto metodou jsou jednak z jádra buňky použité jako dárce jádra (obsahuje asi 50tis.-140tis.genů), ale také z mitochondrie použitého vajíčka (obsahuje asi 30 – 40 genů). Dolly tedy není úplnou kopií dárkyně jádra z buňky prsní žlázy, ale je s ní na 99,94 – 99,97% shodná!
- 5) Umělou inseminací vzniká jedinec, jehož dědičná informace je směsicí dědičné informace otce i matky. Tudíž se nemusí požadovaná vlastnost na potomky přenést

nebo může být její vliv snížen. Naklonovaný jedinec by byl přesnou kopií plemenného zvířete.

Pracovní list – **CO JSOU KMENOVÉ BUŇKY?**

Kmenové buňky jsou základními stavebními bloky organismu. Zárodek, který se po početí dělí a putuje směrem k děloze, kde se poté uhnízdí, tvoří buňky „schopné všeho“. V 15. den vývoje zárodku začíná specializace těchto buněk na nervové a mozkové buňky, svalové buňky, buňky pokožky atd. V těchto buňkách se aktivují jednotlivé etapy genetického materiálu (DNA), a tím se stanou schopnými vykonávat své specifické úkoly v dělbě práce mezi orgány a tkáněmi. Specializující se buňky ztrácejí svoji „neschopnost“. V průběhu vývoje zárodku se však zachová i malý počet těchto „neschopných“ buněk, které nazýváme tkáňovými kmenovými buňkami. Všechny druhy lidských buněk se vyvíjejí z těchto dosud nediferencovaných (nespecializovaných) buněk. Kmenových buněk máme v těle několik, nikdy jich neubývá, protože při dělení jedna buňka zůstává podobná mateřské a nahradí ji, druhá se vydává na novou „profesní dráhu“. Dělení kmenových buněk je asymetrické.

Kmenových buněk existuje celá řada, proto se rozlišují na unipotentní, multipotentní, pluripotentní a totipotentní. Unipotentní (spermatogonální) mají před sebou jen jednu „profesi“. Před multipotentní buňkou se otevírá více osudů (nervové). Pluripotentní nemají odepřen žádný z možných buněčných osudů, ale nejsou schopny vytvořit nového jedince tak jak totipotentní, neboli embryonální kmenové buňky
(www.osel.cz/tisk.php?clanek=1764).

Úlohy

- 1) Kde se v lidském těle vyskytují kmenové buňky?
- 2) Jak dlouho jsou všechny buňky schopny dát vzniknout kterékoli buňce těla?
- 3) Kolik buněk při dělení vznikne z jedné kmenové buňky?
- 4) Je dělení kmenových buněk symetrické nebo asymetrické?
- 5) U kmenových buněk rozlišujeme čtyři typy. Seřaď je vzestupně.
- 6) Do jaké skupiny by patřily kmenové buňky z kostní dřeně?

Autorské řešení:

- 1) V kostní dřeni, pupečnickové krvi,....
- 2) Prvních 15 dní vývoje zárodku, potom se většina začíná specializovat.
- 3) Dvě.
- 4) Asymetrické, vzniknou dva odlišné typy buněk.
- 5) unipotentní, multipotentní, pluripotentní a totipotentní
- 6) kmenové buňky z kostní dřeně, krvetvorné kmenové buňky, patří mezi multipotentní.

4.2 Výukový program GMO a biotechnologie

Prezentace obsahuje 31 oken. Doporučená hodinová dotace je dvě vyučovací hodiny. Každé okno je doplněno o poznámky, které se nachází v příloze č. 7.4. Doplnující a rozšiřující informace k této prezentaci jsou součástí přílohy 7.2.

Prezentace „GMO a biotechnologie“:

4.2.1 Metodické materiály pro učitele

Pomocný text pro učitele je stejně strukturovaný jako u prezentace „Klonování“. Je součástí přílohy 7.1.

4.2.2 Pracovní listy

Pro výuku GMO a biotechnologií jsem vytvořila dva pracovní listy „BT-kukuřice“ a „Šlechtění“. Oba obsahují pět otevřených úloh.

Znění pracovních listů:

Pracovní list – **BT-KUKUŘICE**

Kukuřice MON863 firmy Monsanto patří mezi tzv. Bt-plodiny. Do této široké skupiny geneticky modifikovaných rostlin řadíme především kukuřici, sóju a bavlník, jimž byl do dědičné informace metodami genového inženýrství vnesen gen pro tzv. Cry-protein z bakterie *Bacillus thuringiensis*. Cry-protein sám o sobě jedovatý není a mění se v toxickou látku až ve chvíli, kdy se dostane do střeva hmyzu. Tam se z obou jejich konců odštěpí řetězce o určité délce. Molekula vzniklá štěpením se naváže na molekuly kadherinu pokrývající povrch buněk hmyzího střeva. Navázané fragmenty Cry-proteinu se následně propojí a vytvoří tzv. oligomer. Po jeho účinkem vzniká ve střevní stěně díra. Hmyz pak hyne obvykle během 2 až 5 dní. Příčinou smrti je buď těžké porušení střeva a následné hladovění nebo průnik bakterií narušenou střevní sliznicí dále do těla, kde vyvolají sepsi.

Proteiny produkované průmyslově množenými bakteriemi *Bacillus thuringiensis* se v řadě zemí používají jako ekologický insekticid. Bt-plodiny syntetizují tyto proteiny ve svých pletivech podle genů, jež jsou bakteriálního původu. Velkou výhodou těchto tzv. Bt-toxinů je selektivita účinku. Některé jsou toxické například jen housenkám motýlů, jiné působí jen na brouky a jejich larvy. Ve světě se pěstují různé typy Bt-kukuřice na 20 milionech hektarů. U nás je pro pěstování povolena kukuřice linie MON810, která je díky genu z *Bacillus thuringiensis* odolná vůči housenkám zavíječe kukuřičného. V roce 2007 se jí pěstovalo zhruba 5000 hektarů (Petr, 2008).

Úlohy

- 1) Co znamená zkratka Bt-kukuřice?
- 2) Napište dvojí použití proteinu bakterie *Bacillus thuringiensis*.
- 3) Je BT protein toxický pro všechny hmyz? Odpověď zdůvodněte.
- 4) Jak se dostane BT protein do střeva hmyzu?
- 5) Napište název toxinu, který způsobuje smrt hmyzu.

Autorské řešení

- 1) Bt je zkratka názvu *Bacillus thuringiensis*. Bt-kukuřice je geneticky modifikovaná kukuřice, patří mezi Bt-plodiny jimž byl do dědičné informace vnesen gen pro tzv. Cry-protein z bakterie *Bacillus thuringiensis*.
- 2) Používá se při tvorbě Bt-plodin nebo také jako ekologický insekticid.
- 3) Je toxický pouze pro určitý druh hmyzu.
- 4) Hmyz požírá Bt-plodinu, která obsahuje daný protein.
- 5) Cry-protein.

Pracovní list – ŠLECHTĚNÍ

Klasické šlechtění

Nástroje šlechtitelů byly po staletí jednoduché: výběr a křížení. Výběr může být pozitivní – pro množení se použijí nejvýhodnější jedinci, nebo negativní – nevhodní jedinci se vyřadí. Tak nenajdeme dnes např. bílou mrkev, protože člověk dával přednost té červené. Velkým pokrokem bylo objevení zákonitostí křížení Gregorem Mendelem, které vešly ve všeobecnou známost až počátkem 20. století. Do té doby šlechtitelé při křížení postupovali spíše podle „citu“ a tradice, ale výsledky byly dosti náhodné. Ale i s využitím Mendelových zákonů klasické šlechtitelství narazilo na svou hranici: vlivem vazby genů se při křížení spolu se žadoucím genem dostávají do potomstva i geny nežádoucí.

Obtížné bylo šlechtění klonově množených rostlin jako je např. brambor nebo chmel. Stále zde byl hlavní problém, že šlechtitel musel ve všech případech čekat na náhodné změny – mutace – způsobené chybou při přenosu dědičné informace. Umělé narušení se využívalo k mutačnímu šlechtění. K vyvolávání mutací lze použít vlivů poškozujících DNA, která se reparačními mechanismy sice opraví (jinak by organismus nepřežil), ale vzniknou chyby. Často se používá záření nebo chemikálie. Náš známý šlechtitel docent Josef Bouma vzal zrna ječmene odrůdy Valtický a u přítele ho ozářil zubářským rentgenem. Z těchto semen vyšlechtil slavnou odrůdu Diamant. Měla o 200 až 300 klasů víc na čtvereční metr, stéblo bylo o 15 cm kratší, takže nepoléhalo a výnos o 12% vyšší než původní odrůda.

Moderní šlechtění

Až když věda dospěla k poznání zápisu dědičných vlastností v nukleových kyselinách (zejména DNA), objevila enzymy schopné DNA na určitém místě „rozstříhnout“ tak, aby vznikly konce, které se snadno spojí a znovu „sešijí jinými enzymy“, když prostudovala malé, do kružnice spojené molekuly DNA

nazvané plasmidy - pak teprve šlechtitel mohl nastoupit cestu k cílené změně zvolené vlastnosti. Jednou z nejsnáze modifikovatelných rostlin je tabák, a proto se na něm provedla celá řada výzkumů. Příbuzným tabáku je rajče, a to je důvod, proč první prakticky zavedenou geneticky modifikovanou plodinou bylo právě rajče. Kupodivu, žádná nová vlastnost se mu nepřidala, naopak genetickou modifikací se utlumil enzym štěpící pektin. To zabránilo měknutí rajčat, takže pro obchod se nemusela trhat nezralá, aby vydržela transport, ale dozrála s vyvinutou chutí a vůní. Proto jejich komerční název byl Flavr-savr, což je anglická hříčka, protože se čte fleivr-sejvr, a to znamená zachovávající si vůni (Drobník, 2006).

Úlohy

- 1) Jaký je hlavní rozdíl mezi klasickým a moderním šlechtěním?
- 2) Jakých metod využívalo klasické šlechtění?
- 3) Jsou náhodné změny, mutace, šlechtiteli chtěné-žádoucí nebo ne? Uveďte příklad.
- 4) Je pravda, že při moderním šlechtění se do genomu rostlin geny pouze přidávají? Vysvětlete.
- 5) Kdybyste chtěli vyšlechtit např. odrůdu jabloně odolné vůči suchu, geny kterých rostlin byste použili?

Autorské řešení:

- 1) Klasické šlechtění bylo náhodné, často zdlouhavé a nepřesné oproti modernímu.
- 2) Křížení, výběr, mutace.
- 3) Náhodné změny jsou žádoucí, příkladem je vznik odrůdy Diamant.
- 4) Ne, např. rajče Flavr-savr má utlumený enzym pro štěpení pektinu.
- 5) Gen z rostliny, která roste v suché oblasti (př. kaktus).

5. Diskuse a závěr

Hlavním cílem této diplomové práce je přispět k modernizaci biologického učiva na gymnáziích rozpracováním aktuálních témat, kterým je klonování a geneticky modifikované organismy. Ke splnění tohoto cíle byly stanoveny čtyři dílčí cíle.

Prvním dílčím cílem a zároveň předpokladem pro realizaci zbylých cílů diplomové práce bylo provedení analýzy v současně platných kurikulárních dokumentech a učebnicích vztahujících se k problematice práce. V učebnicích jsem hodnotila, je-li sledovaný pojem uveden v souvislém učebnicovém textu, je-li uvedena jeho definice, případně jsou-li nad rámec definice uvedeny ještě další informace, příklady, hlubší vysvětlení. Většina učebnic obsahuje jen základní informace o sledované problematice a malé množství příkladů. Tato analýza tedy ukázala, že proces začleňování nových poznatků z biologie do učebnic je často velmi zdoluhavý, což představuje problém s aktualizací učiva. Největší množství informací o sledované problematice obsahuje středoškolská učebnice Kočárek (2004).

Po této analýze následovalo vytvoření prezentačních výukových programů vztahujících se k tématům klonování a geneticky modifikované organismy. Tyto programy vytvořené v PowerPointu jsou koncipovány tak, aby je bylo možno využít ve výuce promítáním přes datový projektor a aby mohly sloužit žákům při samostudiu. Programy jsem chtěla výuku aktualizovat, zpestřit a obohatit. Celkem jsem vytvořila dvě PowerPoint-ové prezentace s doporučenou čtyřhodinovou dotací.

Prezentace jsem opatřila řadou zajímavých informací, obrázků, fotografií, schémat, videí a otázek napomáhajících zapamatování učiva a umožňujících větší zapojení žáků do učebního procesu. Každé okno je doplněno poznámkami a odkazy na příslušnou stránku v učebnici biologie (Šmarda, 2003; Kočárek, 2004) nebo další publikaci (Petr, 2003). Žáci tak mohou ve výuce střídát své činnosti, zapojovat se do diskuze, pozorovat a vyvozovat závěry.

Tempo zobrazování textu si volí pedagog sám, může se vracet zpět, vynechávat některé informace a tak aktuálně reagovat na situaci ve třídě. Tím jsem chtěla časově ulehčit práci pedagoga.

K prezentacím jsem vytvořila metodické materiály pro učitele a klasické písemné přípravy. Metodické materiály korespondují s programy, obsahují řadu doplňujících a rozšiřujících informací, které mohou pomoci k lepšímu pochopení problematiky a ke zvýšení motivace. Při jejich tvorbě jsem vycházela především z časopisecké literatury, kde se objevuje řada zajímavých článků, které píše renomovaní autoři. Velmi inspirativní a pro učitele dostupný je především časopis Vesmír, dále pak Živa a časopis Biologie, Chemie, Zeměpis.

Písemné přípravy obsahují odkazy na internetové stránky s doplňujícími nebo rozšiřujícími informacemi, které může pedagog při výuce využít.

Dále jsem vytvořila čtyři pracovní listy, které jsou zaměřeny na práci s textem, obsahují otevřené položky různé náročnosti, které zvyšují motivaci žáků z hlediska učiva a upevnění jejich znalostí. Slouží k opakování a upevňování učiva během výuky nebo bezprostředně po probrání daného tématu. Mohou být využity při samostatné práci žáků nebo při práci ve skupině.

Díky rozvoji internetu jsem měla možnost prostudovat především anglické „on-line“ zdroje a nechat se inspirovat cizími pracovními listy (worksheets). Většina těchto zahraničních pracovních listů by byla pro naše žáky příliš složitá, protože se v nich objevují velké podrobnosti. To je způsobeno odlišnou koncepcí školství než v ČR.

Inspiraci pro tvorbu pracovních listů mohou učitelé čerpat z úloh, které jsou součástí testu mezinárodního výzkumu PISA (<http://www.uiv.cz/clanek/454/807>). V testu v roce 2006 se objevily úlohy týkající se klonování.

Ověření bylo provedeno pouze orientačně ve dvou třídách čtvrtých ročníků na gymnáziu v Kolíně. Sledovala jsem zájem žáků o tuto problematiku a množství informací, které již získali. Na základě podnětů od fakultního učitele a žáků z těchto hodin jsem provedla úpravy.

Cílem diplomové práce nebylo zjišťovat efektivitu výuky podporovanou navrženými materiály, nýbrž pouze tyto materiály vytvořit. Ověření fungování navržených materiálů ve výuce a zjišťování efektivitu výuky by mohlo posloužit jako námět pro další práce v didaktice biologie. Doufám, že diplomová práce najde prostřednictvím katedry uplatnění.

6. Použitá literatura

Citováno podle ČNS ISO 690 (1996)

- BEDNÁŘOVÁ, Z. *Soubor učebních úloh k obecně biologickému učivu na gymnáziích*. [Diplomová práce]. Praha: Přf UK 2004. 191 s.
- BODMER, W., McKIE, R. *Kniha člověka*. Praha : Columbus, 1997. 349 s. ISBN 80-85928-23-X.
- ČEŘOVSKÁ, M. Pěstování Bt kukuřice v ČR. 2005. [www dokument] dostupný z: www.mze.cz/attachments/zemedtydenik3.pdf [cit. 5.3.2007]
- DROBNÍK, J. GMO (1). Kde se vzaly? Aneb – na cestě za geneticky modifikovanými organismy. *Biologie, chemie, zeměpis*, roč.14 , 2005, č.1 . s. 15 – 17.
- DROBNÍK, J. GMO (2). Roztřížená a sešitá – to je rekombinantní DNA. *Biologie, chemie, zeměpis*, roč.14 , 2005, č.2 . s. 60 – 64.
- DROBNÍK, J. GMO (3). K čemu je to dobré? *Biologie, chemie, zeměpis*, roč.14 , 2005, č.3 . s. 115 – 117.
- DROBNÍK, J. Rizika a bubáci biotechnologie. *Biologie, chemie, zeměpis*, roč. , 200, č. s. 163 – 165.
- DROBNÍK, J. GMO (4). Rizika a bubáci biotechnologie. *Biologie, chemie, zeměpis*, roč.14 , 2005, č.4 . s. 163 – 165.
- DROBNÍK, J. GMO – rizikové téma. *Vesmír*, roč. 82, 2003a, č. 1. s. 27 – 28.
- DUŠKOVÁ, M. Víte, že kmenové buňky z pupečnickové krve mohou jednou vašemu dítěti zachránit život! 2004 [www dokument] dostupný z: www.femina.cz/rodina-a-deti/vite-ze-kmenove-bunky-z-pupecnikove-krve-mohou-jednou-vasemu-diteti-zachranit-zivot-/1362 [cit. 20.8.2008]
- FUTEROVÁ, M. *Tvorba multimediálního programu pro výuku zoologie obratlovců*. [Diplomová práce]. Praha: Přf UK 2005. 78 s.
- HRDÝ, I. Geneticky modifikované organismy. *Vesmír*, roč. 82, 2003, č. 1. s. 23 – 26.
- JELÍNEK, J. *Biologie a fyziologie člověka a úvod do studia obecné genetiky*. Olomouc : Nakladatelství Olomouc, 2003. 224 s. ISBN 80-7182-138-1.
- JELÍNEK, J; ZICHÁČEK, V. *Biologie pro gymnázia*. Olomouc, 1998. 551 s. ISBN 80-7182-070-9.
- JIRÍČKOVÁ, H. *Komplexní zpracování tematického celku měkkýši pro výuku na gymnáziu*. [Diplomová práce]. Praha: Přf UK 2002. 157 s.
- JONES, S.; VAN LOON, B. *Genetika*. Praha : Portál, 2003. 180 s. ISBN 80-7178-708-6.
- KOČÁREK, E. *Genetika*. Praha : Scientia, 2004. 212 s. ISBN 80-7183-326-6.
- KOČÁREK, E. *Molekulární biologie v medicíně*. Brno 2007. 218 s. ISBN 978-80-7013-450-4.
- KOUKAL, M. Geneticky modifikované rostliny – hrozba nebo spása? *21.století*, roč. 4, 2007, č.5 s. 48 - 49.
- KOUKAL, M. Geneticky modifikované rostliny? Hrozba, nebo záchrana? *21.století*, roč. 2, 2005a, č.2 s. 34 – 35.
- KOUKAL, M. Klonování: ano, či ne? *21.století*, roč. 2, 2005b, č.6 s. 64 – 66.
- KUBIŠTA, V. *Buněčné základy životních dějů*. Praha: Scientia 1998. 210 s. ISBN 80-7183-109-3.
- MARŠÁLEK, J. Biotechnologie (1). *Biologie, chemie, zeměpis*, roč.14 , 2005, č.5 . s. 61 – 65.
- MARŠÁLEK, J. Biotechnologie (2). *Biologie, chemie, zeměpis*, roč.14 , 2005, č.6 . s. 109 – 115.
- MARŠÁLEK, J. Biotechnologie (1). *Biologie, chemie, zeměpis*, roč.14 , 2005, č.7 . s. 61 – 65.
- MARŠÁLEK, J. Biotechnologie (1). *Biologie, chemie, zeměpis*, roč.14 , 2005, č.8 . s. 61 – 65.
- NAVRÁTIL, O. Vědci a veřejnost. *Vesmír*, roč. 83, 2004, č. 11. s. 645.

NECHVÍLOVÁ, Š. Učební úlohy k obecně zoologickému učivu na gymnáziích. Praha 2005.

OBRUČOVÁ, E. *6 nejodvážnějších GMO*. 2007 [www dokument] dostupný z: [https://atraktivnibiologie.upol.cz/docs/ppt/GMO-Obručová%20Eva%20r.MBB%20UP%20Olomouc%20\(2007\).ppt](https://atraktivnibiologie.upol.cz/docs/ppt/GMO-Obručová%20Eva%20r.MBB%20UP%20Olomouc%20(2007).ppt) [cit. 1.7.2008]

ONDŘEJ, M. Přítomnost a budoucnost transgenních odrůd rostlin. *Živa*, roč. 2000, č. 6. s. 243 – 245.

OUŘEDNÍK, V.;OUŘEDNÍKOVÁ, J. Jak starý je objev kmenových buněk z plodové vody? *Vesmír*, roč. 86, 2007, č. 4 s. 210 – 211.

PACHERNÍK, J. Kmenové buňky proti nádorům. *Vesmír*, roč. 86, 2007, č. 3 s. 140.

PATOČKA, J. Tajemství pavoučího vlákna. *Vesmír*, roč. 86, 2007, č. 6 s. 378 – 382.

PAZDERA, F. *Entomologové potvrzují, že transgenní rostliny prospěšnému hmyzu neškodí*. 2008 [www dokument] dostupný z: www.osel.cz/index.php?clanek=3662

PAZDERA, F. *Rezistence na GM plodiny?* 2002 [www dokument] dostupný z: www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=188&id_c=668 [cit. 5.3.2007]

PAZDERA, F. *Snuppy - první klon nejlepšího přítele člověka*. 2005 [www dokument] dostupný z: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=1385> [cit. 5.3.2007]

PEKÁRKOVÁ, E. Nejnovější směry ve šlechtění zeleniny. *Živa*, roč. 2004, č. 6 s. 259 – 261.

PETR, J. *Dolly následovala Matildu*. 17.02.2003b [www dokument] dostupný z: www.osel.cz/index.php?clanek=229 [cit. 23.7.2007]

PETR, J. Genová terapie bezpečnější. 2008 [www dokument] dostupný z: www.rozhlas.cz/leonardo/clovek/_zprava/414852 [cit. 9.7.2008]

PETR, J. Genový dopink. *Vesmír*, roč. 86, 2007a, č. 4 s. 212 – 214.

PETR, J. *Klonování. Hrozba nebo naděje?* Praha: Paseka, 2003a. 368 s. ISBN 80-7185-469-7.

PETR, J. Kmenové buňky z plodové vody. *Vesmír*, roč. 86, 2007b, č. 2 s. 76 – 77.

PETR, J. *MON 863 zdraví neškodí*. 2008 [www dokument] dostupný z: www.osel.cz/index.php?clanek=3211 [cit. 20.8.2008]

PETR, J. Můžeme jíst klonovaná zvířata? *Vesmír*, roč. 2007c, č. 2 s. 81 – 83.

PETR, J. O třech chytrých horákyňích. Jak získat „čisté“ embryonální kmenové buňky. *Vesmír*, roč. 85, 2006, č. 11 s. 655 – 657.

PETR, J. Prosadí se zvířata s lidskými buňkami v těle? *21.století*, roč. 4, 2007d, č. 3. s. 8 – 12.

PETR, J. *První klon koně*. 2003c [www dokument] dostupný z: www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=375&id_c=4459 [cit. 5.3.2007]

PETR, J. *První klonované lidské embryo - dobře prodané fiasko*. 2001a [www dokument] dostupný z: www.akademon.cz/article.asp?source=klem [cit. 12.1.2008]

PETR, J. Reprodukční klonování. *Kdo ho chce a kdo ho potřebuje?* 2005 [www dokument] dostupný z: www.osel.cz/index.php?clanek=1159 [cit. 8.3.2007]

PETR, J. *Terapeutické klonování je možné zbytečné*. 2004 [www dokument] dostupný z: www.osel.cz/index.php?clanek=948 [cit. 23.4.2006]

PETR, J. *Terapeutické klonování úspěšné u makaka*. 2007 [www dokument] dostupný z: www.osel.cz/index.php?clanek=2734 [cit. 9.7.2008]

PETR, J. *Záchrana ohrožených živočišných druhů klonováním*. 2001b [www dokument] dostupný z: <http://akademon.cz/article.asp?source=ohroz> [cit. 12.1.2008]

PŘEUČIL, P. Může geneticky modifikovaná kukuřice zabít? *21.století*, roč.5, 2008, č.1 s. 112 – 113.

ROSYPAL, S a kol. *Nový přehled biologie*. Praha: Scientia, 2003. 797 s. ISBN:

SEDLÁČEK, T. Pyramidy z genů. *Vesmír*, roč. 86, 2007, č. 2 s. 76.

SEHNAL, F. *BT kukuřice a ekologické dopady*. [www dokument] dostupný z: http://press.avcr.cz/UserFiles/file/GMO/F_Sehnal_GMO.ppt [cit. 9.7.2008]

SCHREIBER, H. Výzkum na lidech. *Vesmír*, roč. 86, 2007, č. 6 s. 390.

- SOUKUPOVÁ, P. Budeme klonováním zachraňovat životy? *21.století*, roč.3, 2006a, č.3 s. 64 - 65.
- SOUKUPOVÁ, P. S molekulární biologii na sportovní rekordy. *21.století*, roč.4, 2007a, č.12 s. 34 - 36.
- SOUKUPOVÁ, P. 6 nejodvážnějších genetických modifikací. *21.století*, roč.3, 2006b, č.9 s. 84 - 85.
- SOUKUPOVÁ, P. Zlikvidují upravené geny rakovinu? *21.století*, roč.4, 2007b, č.11 s. 68 - 75.
- STÖCKELOVÁ, T. Polní pokusy s geneticky modifikovanými plodinami. *Vesmír*, roč. 83, 2004, č. 11. s. 638 - 645.
- ŠENIGL, F. Retroviry ve službách člověka, *Živa*, roč.2006, č. 1. s. 15-17.
- ŠÍMA, P. TREBICHA VSKÝ I. Horizontální přenos genetické informace. Evoluční význam. *Živa*, roč. 2006, č. 1. s. 2 - 4.
- ŠÍMA, P. TREBICHA VSKÝ I. Horizontální přenos genetické informace. Hlavní přechodové události v evoluci. *Živa*, roč. 2006, č. 2. s. 50 - 52.
- ŠÍMA, P. TREBICHA VSKÝ I. Horizontální přenos genetické informace. Evoluce bakteriálních genomů. *Živa*, roč. 2006, č. 3. s. 98 - 100.
- ŠÍMA, P. TREBICHA VSKÝ I. Horizontální přenos genetické informace. Přenos z bakterií do eukaryot. *Živa*, roč. 2006, č. 4. s. 146 - 148.
- ŠÍMA, P. TREBICHA VSKÝ I. Horizontální přenos genetické informace. Vznik evolučních novinek. *Živa*, roč. 2006, č. 5. s. 194 - 198.
- ŠMARD A, J. *Genetika pro gymnázia*. Praha: Fortuna 2003. 144 s. ISBN 80-7168-851-7.
- ŠIFNER, F. a kol. *Vybrané kapitoly z biotechnologií pro studující učitelství biologie a ekologické výchovy*. Praha : Karolinum 1998. 145 s. ISBN 80-7184-731-3.
- Zah, R. Klonování: Ovce Dolly by se dožila 10 let. 2006 [www dokument] dostupný z: www.aktualne.centrum.cz/zahranici/evropa/clanek.phtml?id=189608 [cit. 23.7. 2007]
- ZÁVODSKÁ, R. *Biologie buněk*. Praha : Scientia, 2006. ISBN 80-86960-95-3.
- ZOUZALÍK, M. Genové inženýrství: hrátky s ohněm? *21.století*, roč. 2, 2005, č.1 s. 72 - 74.
- ZOUZALÍK, M. Terapeutické klonování skutečností? 2004 [www dokument] dostupný z: www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2004031903 [9.7.2008]

Internetové zdroje

- www.agbioforum.org/v7n12/v7n12a07-gonsalves.htm [cit. 20.8.2008]
- <http://bakteriofag.navajo.cz> [cit.15.12.2006]
- http://www.bausch.cz/professional/ocuvite/reti_7_a.htm [cit. 5.3.2007]
- <http://biologie.upol.cz/metody/Klonovani%20DNA.htm> [cit. 15.12.2006]
- www.biotrin.cz [cit. 5.3.2007]
- www.biotrin.cz/czpages/inf051303d.htm#01 [cit. 5.3.2007]
- www.biotrin.cz/czpages/Kulaty_stul.ppt [cit. 24.4.2008]
- www.biotrin.cz/czpages/p_g_t.htm [cit. 24.4.2008]
- <http://www.bohlelav.cz/vobrazky/265.jpg> [cit. 5.3.2007]
- <http://www.celsias.com/article/the-food-revolution-genetic-engineering-part-i/> [cit. 24.4.2008]
- www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/ [cit. 20.8.2008]
- www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/dokumentarni-video [cit. 20.8.2008]
- [www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/schopnosti-kmenovych-bunek-z-pupecnikove-krve-/](http://www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/schopnosti-kmenovych-bunek-z-pupecnikove-krve/) [cit. 20.8.2008]
- http://cs.wikipedia.org/wiki/Agrobacterium_tumefaciens [cit. 15.12.2006]
- http://cs.wikipedia.org/wiki/Geneticky_modifikovan%C3%BD_organismus [cit. 15.12.2006]
- <http://genetika.wz.cz/prokaryota.htm> [cit. 24.4.2008]

http://gerstner.felk.cvut.cz/biolab/X33BMI/referaty/2005_2006_LS/1100/Glajcar/Klonovani1.ppt [cit. 9.7.2008]
www.gjar-po.sk/studenti/informatika/02_03/kvinta/clanky/piatnica_peter/Klonovanie.doc [cit. 9.7.2008]
www.greenpeace.org/czech/kampane2/geneticke-modifikace [cit. 15.12.2006]
<http://www.iabc.cz/images/abctisk/46/18/46324.jpg> [cit. 20.8.2008]
www.istockphoto.cz [cit. 5.3.2007]
<http://www.ivfbrno.cz/obrazky/embryol/4bb.jpg> [cit. 20.8.2008]
<http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/alkaloid/obralkal/morfin.jpg> [cit. 5.3.2007]
<http://learn.genetics.utah.edu/units/cloning/whatiscloning/scnt.cfm> [cit. 20.8.2008]
www.molbio.upol.cz/stranky/vyuka/cgi/3.ppt [cit. 9.7.2008]
<http://www.molecularstation.com/forum/molecular-biology-lectures-videos/1991-recombinant-dna-cloning-video.html> [cit. 20.8.2008]
<http://old.greenpeace.cz/gmo/infomaterialy.shtml> [cit. 5.3.2007]
http://www.osel.cz/_img/img1096224255.jpg [cit. 5.3.2007]
<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf> [cit. 23.4.2006]
http://www.rvp.cz/soubor/RVP_G.pdf [cit. 2.5.2008]
<http://www.szeshb.hbnet.cz/biotech3.gif> [cit. 5.3.2007]
www.rodina.cz/clanek5270.htm [cit. 20.8.2008]
<http://studenti-studentum.blogspot.com/2007/08/pohlavn-nepohlavn-rozmnoovn-rostlin.html> [cit. 5.3.2007]
<http://www.szeshb.hbnet.cz/biotech8.gif> [cit. 20.8.2008]
<http://www.szeshb.hbnet.cz/biotech10.gif> [cit. 20.8.2008]
http://tbn0.google.com/images?q=tbn:3CmZlpE-8NOQM:http://jaknato.webpark.cz/IMAGES/cheese_var.gif [cit. 23.4.2006]
<http://tn.nova.cz/zpravy/zahranici/obrazem-prvni-komerce-naklonovana-stenata.htm> [cit. 9.7.2008]
http://cs.wikipedia.org/wiki/Agrobacterium_tumefaciens [cit. 5.3.2007]
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Biotechnologie> [cit. 5.3.2007]
http://cs.wikipedia.org/wiki/Geneticky_modifikovan%C3%BD_organismus [cit. 5.3.2007]
<http://www.youtube.com/watch?v=acKWdNj936o&feature=related> [cit. 9.7.2008]
<http://www.youtube.com/watch?v=Ss-z-d4mcp0&NR=1> [cit. 9.7.2008]
www.21stoleti.cz/view.php?cislocianku=2004031903 [cit. 9.7.2008]
http://81.0.228.70/attachments/sbornik_GMO_2007.pdf [cit. 5.3.2007]

7. Přílohy

7.1 Pomocné texty pro učitele – klonování

Struktura textu:

1. Definice klonování
2. Metody klonování
 - 2.1 Proces dělení embryí
 - 2.2 Přenos jader
 - 2.2.1 Dolly
 - 2.2.2 Další úspěchy
 - 2.3 Tvorba chimér
3. Význam klonování.
 - 3.1 Reprodukční klonování
 - 3.1.1 Asistovaná reprodukce člověka
 - 3.1.2 Klonování hospodářských zvířat
 - 3.1.3 Záchrana ohrožených druhů
 - 3.2 Terapeutické klonování
4. Úskalí klonování
5. Proč ano?
6. Klonování DNA

Znění textu:

1. Definice klonování

Klonováním označujeme jakýkoliv děj, při němž se z jedné předlohy vytváří více kopií.

Klon je představován organismy s naprosto stejnou dědičnou informací.

Klonování probíhá v řadě případů zcela spontánně i v přírodě. Když na návštěvě zahlédnete krásnou pokojovou květinu a zatoužíte mít také takovou, jednoduše požádáte majitele, aby vám ulomil list, a ten si doma zasadíte do květináče. V té chvíli jste provedli klonování a ve vašem květináči poroste klon, tedy dokonalá genetická kopie, květiny vašeho přítele. Není třeba zdůrazňovat, že v přírodě se podobným způsobem množí rostliny bez našeho přičinění.

Generace vzniklé **nepohlavním rozmnožováním** se tedy nazývají klony a způsob jejich rozmnožování klonování. Takovéto nepohlavní rozmnožování nebo klonování se neomezuje jen na rostliny. U nižších živočichů je rovněž celkem běžné. Připomeňme si jen notoricky známou regenerační schopnost nezmara, z každé izolované části nezmarova těla doroste nový,

geneticky zcela totožný nezmar. U vyšších živočichů s dokonalejší organizací těla již není tento způsob rozmnožování dost dobře možný. Jejich rozmnožování je totiž vázané na pohlavní buňky (**pohlavní rozmnožování**). Přesto se ale i u vyšších živočichů s geneticky totožnými jedinci, a tudíž se spontánně vzniklým klonem, setkáme. K tomuto přirozenému klonování ale musí dojít ještě relativně brzy, v časných stádiích vývoje jedince. Například savčí zárodek se může za určitých podmínek samovolně rozdělit na několik částí a z každé z nich pak vzniká samostatný jedinec. Tak vznikají například jednovaječná dvojčata u člověka i dalších živočišných druhů. U některých savců je tato schopnost vyvinuta do extrému. Například u jihoamerických pásovců se může během procesu označovaného jako polyembryonie zárodek v těle matky rozdělit až na dvanáct částí a narodí se tak jednovaječná dvanácterčata (Petr, 23.4.2006; Jelínek, Zicháček, 1998; Petr, 2003; Kočárek 2004).

2. Metody klonování

- dělení embryí (embryonální klonování)
- přenos jader (transnukleární klonování)
- tvorba chimér

2.1. Proces dělení embryí (embryonální klonování)

Při embryonálním klonování se rozdělí embrya ve stádiu několika blastomer na dvě nebo více částí, z nichž jsou vypěstováni noví jedinci. Zárodek rozdělený na více částí ztrácí životaschopnost. Podařilo se získat nejvýše identická čtyřčata po rozdělení zárodku na čtvrtiny. Nejvíce se tato metoda používá při klonování hospodářských zvířat.

1892 embryolog Hans Driesch rozdělil zárodek ježovky, tvořený dvěma nebo čtyřmi buňkami, na jednotlivé buňky. Jednotlivé buňky se dále vyvíjely a z každé vznikla normální larva – klon.

Obr. 1 Blastomery

1942 tímto způsobem vznikl klon potkana

1968 oddělením jedné buňky z osmibuněčného zárodku se narodili králíci

1979 Steen Willadsen nechal vyvíjet zárodky ovcí a skotu vzniklé oddělením jednotlivých buněk z osmibuněčných embryí. Narodila se identická dvojčata.

2000 se podařilo rozčtvrcením zárodku makaka přivést na svět opičí klon, makaka **Tetra**.

Počátkem devadesátých let dvacátého století provedl americký lékař Jerry Hall svůj experiment se sedmnácti lidskými zárodky, které byly v důsledku těžkého vývojového defektu odsouzeny ukončit svůj vývoj ve velmi časných stádiích. Hall prokázal, že i lidské zárodky jsou schopny dalšího vývoje, a to dokonce do stadia, kdy by se začaly v těle matky spojovat s tkání dělohy a začaly tvořit placentu

(www.akademon.cz/article.asp?source=klem; www.osel.cz/index.php?zprava=442; Petr, 2003).

2.3 Přenos jader (Transnukleární klonování)

Při této metodě dochází k přenosu (transferu) jádra. Jádro odebrané z tělní (somatické) buňky je vloženo do vajíčka (oocyty) také s odstraněným vlastním jádrem.

Pokusy s umělým klonováním živočichů začaly již v první polovině 20. století. Prvním klonovaným živočichem se staly žáby. Roku 1952 američané Thomas King spolu s Robertem

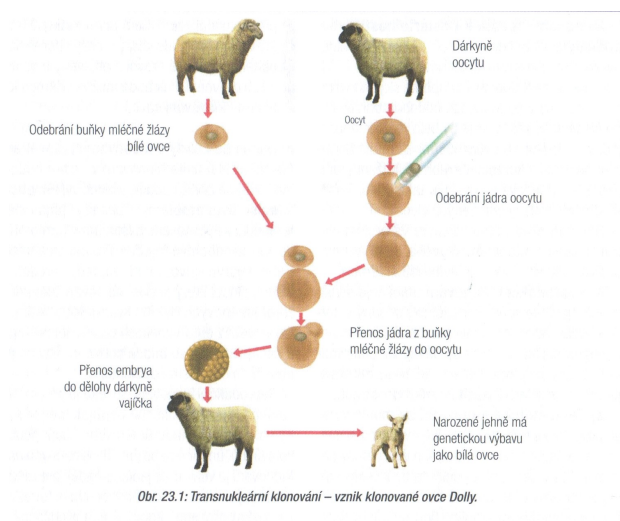
Briggsem klonoval severoamerického **skokana levhartího** (*Rana pipiens*) a využil k tomu jádro z buňky zárodku v poměrně pokročilém stádiu vývoje. Takto vzniklý zárodek se vyvíjel v pulce.

Michael Fischberg spolu Thomasem Elsdalem a Johnem Gurdonem použili africkou **žabu drápatku** (*Xenopus laevis*). Buňky ze žabího zárodku přenášeny do žabích vajíček zbavených vlastní genetické informace daly vzniknout zárodku, který se vyvíjel nejen do stadia pulce, ale pokračoval až do proměny v pohlavně dospělou žabu. Tyto pokusy byly silnou inspirací pro řadu biologů po celém světě. I česká věda se do tohoto trendu zapojila. Například profesor Sládeček dosáhl významných úspěchů při klonování čolků (Petr, 2006; Kočárek, 2004).

2.2.1 DOLLY

K největšímu úspěchu v roce 1996 patřilo **narození klonované ovce** ve skotském Edinburghu. Vedoucím vědeckého týmu byl profesor Ian Wilmut. Na počátku stála jedna jediná buňka odebraná z vemene šestileté ovce, kterou vpravili vědci z Wilmutova týmu do ovčího vajíčka, ze kterého odstranili jeho veškerou dědičnou informaci. Takto vzniklá zygota byla vpravena do dělohy další ovce, která zárodku posloužila jako náhradní matka. Po 148 dnech březosti porodila ovčí matka nevlastní jehňátko - ovečku Dolly, která se ve většině znaků shodovala s dárkyní buněčného jádra. Bylo to jediné jehně z 277 takto získaných zárodků. Účinnost metody, jež vedla ke zrození Dolly, tedy dosáhla 0,36%.

Ovce Dolly se tedy narodila bez pohlavního rozmnožování, bez přispění otce, pouze z dědičné informace matky, metodou již zmiňovanou – **přenosem jader** (Kočárek, 2004; www.osel.cz/index.php?clanek=229; www.aktualne.centrum.cz/zahranici/evropa/clanek.phtml?id=189608).



Obrázek 2 (Kočárek, 2004) Transnukleární klonování – vznik ovce Dolly.

2.2.2 Další úspěchy

- Mezinárodní tým složený z britských, japonských, amerických a italských vědců a vedený nestorem světové reprodukční biologie Ryuzem Yanagimachim oznámil

naklonování **myši**. Podařilo se ji naklonovat z tzv. kumulárních buněk. Tyto buňky obklopují ve vaječníku samice vajíčko, pomáhají jej vyživovat a chrání jej. Právě podle typu použitých buněk pojmenována Cumuline, což bychom si mohli počestit do tvaru Kumulína. Účinnost se pohybovala kolem 0,3%.

- V roce 1998 se podařilo japonskému týmu naklonovat **krávu** a narodilo se pět telat. Z krávy poražené na jatkách odebrali vaječníky a vejcovody. V laboratoři z nich izolovali tělesné buňky. Buňku spojili s vajíčkem zbavených dědičné informace. Ze 125 zárodků se narodilo osm naklonovaných telat, ale přežila jen čtyři.
- Japonsko pokračovalo. Odhaduje se, že klonováním embryí bylo získáno v Japonsku asi 400 kusů skotu. Japonsko bylo připraveno na úspěšné klonování tak dobře, jako málokterá jiná země. (Petr, 23.4.2006)
- Roku 1998 přišel v laboratořích university v havajském Honolulu na svět **myšák Fibro** - první samec naklonovaný z buňky odebrané dospělému samci. Fibro byl naklonován z fibroblastů, buněk pojivové tkáně, které získali ze špičky ocásku dospělého myšáka. Fibroblast byl vpraven do myšího vajíčka, jež bylo předtím zbaveno své vlastní dědičné informace. Z připravených více než sedm stovek zárodků vybrali 274 embryí, která se dále vyvíjela, a ta přenesli do těla náhradních matek. Nakonec se narodila tři myšata. Dvě uhynula krátce po narození na vážné poruchy funkce plic. Přežil jen jeden jediný sameček. Protože se tento myšák narodil po klonování fibroblastů, dostal jméno Fibro.
- 5. března roku 2000 přišla na svět **pětice selat** (Millie, Christa, Alexis, Carrel a Dotcom) v americkém Blacksburgu. Ke klonování byla použita technika tzv. dvoustupňového klonování, postup přenosu jader (kterým přišla na svět Dolly) tu byl zopakován hned dvakrát po sobě. Buňky z těla dospělé prasnice byly spojeny s vajíčkem zbaveným vlastní dědičné informace. Vznikl tak jednobuněčný zárodek. Tento zárodek ale vědci ponechali v klidu jen 24 hodin. Aby jej proměnili v zárodek co nejpodobnější skutečnému zárodku vzniklému oplozením vajíčka, provedli ještě jeden přenos jádra. Odebrali jádro z klonovaného jednobuněčného zárodku a to spojili s jednobuněčným zárodkem vzniklým oplozením vajíčka a zbaveným jeho vlastní dědičné informace. Vznikly tak zárodky, které byly přeneseny do těla náhradní matky. Selata se narodila z dvou tisíc klonovaných zárodků.
- 22. prosince 2001 se v laboratořích Texaské univerzity narodil klon **kočky** pojmenovaný Cc (CopyCat). Ze 188 kočičích vajíček vědci odstranili vlastní dědičnou informaci a následně do nich vpravili jádra kumulačních buněk strakaté kočky (jménem Rainbow). 83 kočičích embryí bylo přeneseno do těl náhradních matek, zabřezly jen dvě a narodilo se pouze jedno kotě.
- Roku 2002 o Velikonocích přišly na svět první **králíčí klony** ve francouzském Národním ústavu pro zemědělský výzkum. Ze stovek zárodků se narodilo jen šest králíček (dvě po narození uhynula).
- V roce 2003 se narodila zcela zdravá **klisnička** Prométhea, která, vznikla dnes už klasickou metodou, tedy spojením kožní buňky s vajíčkem, z něž byla předtím odstraněna jeho vlastní jaderná dědičná informace. Kožní buňky byly odebrány klisně plemene hafling a hřebci arabského plnokrevníka. Vědci spojili buňky



celkem s 841 vajíčky, ale získali jen 22 kvalitních embryí. Klisnám přenesli 17 embryí, z nichž čtyři zabřezly a jedna porodila hříbě. Autorem je tým z Laboratoře reprodukčních technologií v Cremoně vedený Cesarem Gallim.

Obr. 3 Promethea (Petr, 2003c)

- V roce 2003 se v laboratořích texaské A&M univerzity pokusili o naklonování **psa Missy**, feny s vynikajícím rodokmenem. Její majitel, výstřední miliardář, věnoval na naklonování svého mazlíčka prostředky ve výši 3,7 milionu dolarů. Ale ani po stovkách a stovkách pokusů se Missy naklonovat **nepodařilo**.
- **Prvního psa** se podařilo v roce 2005 naklonovat korejskému týmu z university v Saulu, vedenou Woo Suk Hwangem. Z více než tisíce embryí implantovaných celkem 120 náhradním matkám se jim narodila pouze dvě živá štěňata, z nich navíc po několika dnech jedno zemřelo. První naklonovaný dostal jméno Snuppy. Snuppy vznikl z jadra buněk, které byly odebrány z ucha psa (samce).



pes

Obr. 4 Snuppy (Pazdera, 2005)

Buněčné jádro bylo vloženo do vaječné buňky, které předtím bylo její vlastní jádro odstraněno. Takto vzniklé "embryo" putovalo do dělohy feny která byla hormonálně synchronizována tak, aby se v ní vložené embryo uhnízdilo a aby zabřezla (J. Pazdera, 2006).

2.3 Tvorba chimér

Při této metodě je dohromady spojeno několik velmi časných zárodků. Zárodky splynou v celistvý útvar, který se chová jako jeden jediný zárodek schopný dokončit úspěšně vývoj. Tento postup se odborně nazývá agregace a vzniklým živočichům se říká chiméry (Petr, 2003).

3. Význam klonování

Největší význam spatřují odborníci v transnukleární klonování, a to hlavně v:

- **reprodukčním klonování**
- **terapeutickém klonování**

3.1 Reprodukční klonování

3.1.1 Asistovaná reprodukce člověka

Reprodukční klonování by mohlo nabídnout své služby i asistované reprodukci. Dopřát biologicky vlastní děti lidem, kteří by je jinak mít nemohli. Často jsou pro tyto účely používány techniky, které nejsou proceduře klonování příliš vzdáleny, přesto nemůže asistovaná reprodukce některým neplodným párům pomoci. Pokud budoucí rodiče nemají vlastní pohlavní buňky, nezbyvá než použít pohlavní buňky anonymního dárce. Reprodukčním klonováním by vzniklo dítě, které by neslo kompletní dědičnou informaci jednoho z rodičů. Zásadní rozdíl mezi současnými technikami asistované reprodukce a klonováním by pak spočíval v tom, že při asistované reprodukci vzniká lidský jedinec stále ještě kombinací dědičné informace biologického otce a matky.

Klonování by nenabízelo řešení jen neplodným heterosexuálním párům, ale i párům homosexuálním. Vytvořením

klonu určité osoby nezískáme „kopii“ osobnosti. Lidská osobnost je totiž velmi složitá a geneticky je určena jen zčásti. Velkou měrou ji formují i podmínky, v jakých člověk vyrůstá a žije – od prostředí dělohy, v níž se vyvíjí plod, až po školní docházku, rodinu nebo životní prostředí. Dokonalého dvojníka bychom tedy klonováním nepořídili (www.osel.cz/index.php?clanek=1159).

3.1.2 Klonování hospodářských zvířat

Reprodukčního klonování se využívá u hospodářských zvířat (hlavně u vynikajících plemenných zvířat). Klonováním hospodářských zvířat by mohlo být v budoucnosti obdobou udržovacího šlechtění u rostlin. Tak by bylo možné množit jedince s příznivými vlastnostmi a omezit tak rizika plynoucí z kombinace vloh při křížení.

- 7. září 2000 se narodil býček, který dostal jméno **Starbuck 2**. Chovatelé si na jeho otci cenili především tělesného rámce a stavby končetin.
- listopad roku 2000, když se narodilo tele naklonované ze zamražených buněk býka 86. Klonovaný býček dostal jméno „**86 na druhou**“ a je prvním zvířetem, které bylo naklonováno s cílem zachránit pro chovatele jedinečnou schopnost odolávat infekčním chorobám.
- září roku 2001 přišlo na svět tele, **Mandy II**, naklonované z kožních buněk vydražených v aukci (za 82.000 dolarů). Buňky pocházely z ucha vynikající dojnice Mandy (za rok nadojila 12.500l, v ČR je průměr asi 7.000l a česká rekordmanka nadojila 10.900l za rok).
- únor 2005 – hříbě – klon **světového šampiona** (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

3.1.3 záchrana ohrožených druhů

Snahy jsou také o naklonování **ohrožených druhů**.

- Noah byl naklonován ze zamražených kožních buněk **gauřího býka**, který uhynul v jedné zoo v USA. Vědci z Advanced Cell Technology (ACT) vzali celkem 692 gauřích kožních buněk a vpravili je do vajíček domácího skotu zbavených jejich vlastní dědičné informace. Takto vzniklá embrya se vyvíjela po dobu jednoho týdne v laboratorních podmínkách a 81 jich dosáhlo vývojového stádia blastocysty. Vědci vybrali 42 nejživotaschopnějších zárodků a ty přenesli do pohlavního traktu 32 krav. Zabřezlo jen osm příjemkyň embryí. Dvěma byly odebrány vyvíjející se gauří plody pro zevrubné analýzy, u dalších pěti krav plody odumřely zhruba po třech měsících. Klonovaný plod úspěšně donosila jen jediná kráva (Bessie). Klonovaný gaur nakonec přišel na svět císařských řezem v prvních dnech roku 2001. Noah trpěl od prvních okamžiků řadou vážných zdravotních problémů. Musel dýchat kyslík a na nohy se postavil až po dvanácti hodinách usilovné péče ošetřovatelů a veterinárních lékařů. Jednu

chvíli to s ním vypadalo velice nadějně, ale pak náhle uhynul na silnou střevní infekci. První klonovaný gaur žil necelých 48 hodin (Petr, 23.4.2006).

- Listopadu roku 2000 na Sardinii, se narodilo ovci **mufloní mládě**. Ke klonování byly použity vajíčka ovcí domácí, domácí ovce i muflona donosila (mezidruhové klonování, pouze u příbuzných druhů) (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>, <http://akademon.cz/article.asp?source=ohroz>).

Nad klony ovcí, skotu, prasat a koz bádali experti amerického úřadu pro potraviny a léčiva (FAD). Zjistili, že produkty (mléko, maso,...) těchto klonů jsou stejné jako produkty zvířat, jež přišla na svět jinak než klonováním. Jejich konzumace nenese tedy žádná rizika (Petr, J., Můžeme jíst klonovaná zvířata?, Vesmír, 2/2007).

3.2 Terapeutické klonování

S klonováním bývá spojován i postup, který si neklade za cíl vytvoření klonu, ale je cílen na léčbu chorob a poranění. Jde o tzv. **TERAPEUTICKÉ KLONOVÁNÍ**. Při terapeutickém klonování by se počáteční postup shodoval s klonováním reprodukčním. Jádro somatické buňky pacienta by bylo vneseno do lidského vajíčka zbaveného vlastní jaderné dědičné informace. Vzniklé embryo by ale nebylo přeneseno matce. V laboratorních podmínkách by z něj byly kultivací v přísně kontrolovaných podmínkách získány tzv. **embryonální kmenové buňky**. Ty si uchovávají schopnost buněk raného zárodku diferencovat na kterýkoli ze zhruba 220 buněčných typů lidského těla. Nejsou už ale s to zajistit vznik lidského jedince.

Embryonální kmenové buňky lze v laboratorních podmínkách množit a změnou kultivačních podmínek (přídavkem různých růstových faktorů) diferencovat na požadované typy somatických buněk. Buňky získané diferenciací embryonálních kmenových buněk by bylo možné použít k léčbě některých chorob. Předpokládá se, že pacient by tyto buňky přijal bez nežádoucích reakcí imunitního systému, protože by to byly jeho vlastní buňky, které prošly rediferenciací – tedy jakousi rekvalifikací – na požadovaný typ (např. na buňky srdečního svalu, krvetvorné buňky kostní dřeně nebo inzulin produkující buňky Langerhansových ostrůvků). V současné době se provádějí klinické zkoušky léčebných postupů využívajících embryonální kmenové buňky získané z lidských embryí vzniklých oplozením in vitro (z tzv. „nadbytečných“ embryí vznikajících při léčbě neplodnosti metodami asistované reprodukce) (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>; www.osel.cz/index.php?clanek=948; www.osel.cz/index.php?clanek=2734, www.21stoleti.cz/view.php?cislocianku=2004031903).

Velkým problémem je získávání embryonálních kmenových buněk. Vědci pátrají v lidském těle po obdobně všestranných buňkách jako jsou embryonální, jejichž odběr by byl z etického hlediska méně kontroverzní. Eticky je totiž vytvoření klonu k naplnění jiných cílů, než je plnohodnotný život počatého člověka, zcela nepřijatelné. Velké naděje upírají například k mezenchymálním kmenovým buňkám z kostní dřeně. Dalším zdrojem četných kmenových buněk je i amniotická tekutina, tzv. AFS buňky. Vědci zatím uspěli při všech pokusech o přeškolování AFS buněk na novou profesi (buňky cév, nervové buňky, atd.) (Pacherník, 2007b; Ouředníkovi, 2007; Petr, 2007a; Petr, 2006).

2003 v Praze první pacient, kterému byly po těžkém infarktu myokardu implantovány vlastní kmenové buňky z kostní dřeně po zlepšení následovali další pacienti, u člověka se zlepšení projevovalo daleko výrazněji než u myši. Zatím však lidské kmenové buňky nemohou být nijak upravovány či značeny a tak se neví zda regenerace srdečního svalu pomocí kmenových buněk u lidí funguje jinak než u myši. Podobné pokusy probíhají v Německu a Holandsku (www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/; www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/dokumentarni-

video; <http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>, Petr, 2004; Petr, 2007; www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2004031903).

Oproti embryonálním kmenovým buňkám - u kterých hrozí etické problémy - **kmenové buňky z pupečnickové krve** poskytují při použití v medicíně vynikající a eticky bezproblémovou alternativu. Pupečnicková krev obsahuje velký počet kmenových buněk (u dospělých se kmenové buňky nacházejí ve větším počtu pouze v kostní dřeni). Tyto tkáně a orgány zajišťují krevní oběh, nervový a imunitní systém atd. Odběr pupečnickové krve neznamena žádnou ztrátu ani pro novorozence, ani pro jeho matku, jelikož krev zůstávající v placentě a pupečnickové šňůře by byla po porodu zlikvidována jako biologický odpad, pokud neumožníme odběr a následné uchování kmenových buněk. Kmenové buňky získané z pupečnickové krve lze s úspěchem využít i pro léčbu jiné osoby - např. rodinného příslušníka. Kmenové buňky získané z pupečnickové krve již byly v mnoha případech použity na léčbu různých onemocnění. Kmenové buňky lze dlouhodobě uchovávat ve stavu hlubokého zmrazení, bez újmy na kvalitě (www.rodina.cz/clanek5270.htm, www.femina.cz/rodina-a-deti/vite-ze-kmenove-bunky-z-pupecnikove-krve-mohou-jednou-vasemu-diteti-zachranit-zivot-/1362, www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/schopnosti-kmenovych-bunek-z-pupecnikove-krve-/).

4. Úskalí klonování

- Finanční náročnost.
- Velice nízká účinnost (kolem 1 % - 2 %).
- Snížená životaschopnost naklonovaných jedinců.
- Vývojové vady.
- Abnormálně velké klony (nutný císařský řez).
- Ničení embryí (terapeutické klonování).
- „Výroba dětí na zakázku“.

Klonování není procházkou růžovou zahradou. Vědci musí vynaložit obrovské úsilí a nemalé finanční prostředky, než se jim podaří nějaké zvíře naklonovat. Všechny techniky klonování trpí nízkou účinností. Navíc mají zvířecí klony výrazně sníženou životaschopnost. Klony bývají při narození příliš velké, jejich porod musí být proto vyvolán uměle a často nezbyvá nic jiného než přivést klon na svět chirurgicky. To sebou nese pochopitelně výrazná rizika. Klony postihují i další vývojové vady. Často se u nich hned po narození zjistí špatně vyvinuté plíce. Některé klony musí být bezprostředně po narození utraceny, aby se v důsledku těžkých vývojových defektů netrápily. Závažnější defekty se mohou projevit u klonů i v pokročilejším věku.

Eticky je vytvoření klonu k naplnění jiných cílů, než je plnohodnotný život počatého člověka, zcela nepřijatelné. Podle křesťanského pojetí lidského života vzniká člověk jako bytost okamžikem početí a lidé nemají právo do tohoto procesu vstupovat (Petr, 2003).

5. Proč ANO?

- Léčba nemocí
- Asistovaná reprodukce
- Klonování hospodářských zvířat
- Klonování ohrožených zvířat

Klonování by mohlo pomoci při léčbě chorob a vážných poranění, s nimiž si dnešní medicína dokáže poradit jen s obtížemi nebo proti nimž je zcela bezmocná. Mohlo by také pomoci v boji s neplodností, která se stává, především v ekonomicky rozvinutých zemích stále závažnějším problémem (Koukal, 2005b).

6. Klonování DNA

Nejvíce je znám termín **klonování živočichů**, popř. buněk. To však nelze směřovat s **klonováním DNA** - množení daného úseku DNA. Tímto úsekem může být např. určitý gen - **klonování genu** (<http://biologie.upol.cz/metody/Klonovani%20DNA.htm>).

Hlavním účelem klonování je vnést do určité buňky úsek DNA z jiného organismu a přimět tuto buňku, aby cizí DNA přijala a dále ji replikovala. Tak dojde k namnožení (naklonování) příslušného úseku DNA.

Chceme-li dosáhnout, aby se cizí DNA v buňce příjemce replikovala, musíme zajistit její vstup do nitra této buňky. Dále musí být vnesená cizí DNA rozpoznána replikačními enzymy, aby mohla být použita jako templát k syntéze nových řetězců. K tomu účelu ji začleníme do jiného molekuly DNA, tzv. **vektoru**. K nejvhodnějším vektorům patří bakteriofágová nebo plazmidová DNA. Postupy směřující k tvorbě nových molekul DNA (které se v přírodě nevyskytují) nazýváme **techniky rekombinantní DNA**. V laboratoři se tato technika používá k zmnožení (klonování) určitého genu. Dále se využívá při vzniku geneticky modifikovaných organismů. Postupy rekombinantní molekuly DNA mohou být užitečné v medicíně při zavádění genové terapie.

(Kočárek, 2007).

Jako klonovací vektory (tzn. molekuly DNA, které zajistí vstup příslušného genu do buňky) se používají:

- a) **Plazmidy** - malé molekuly kruhové DNA, které se vyskytují přirozeně v bakteriálních buňkách. Ve své přirozené podobě obsahují genetickou informaci, která není nutná pro běžný život hostitelské bakterie, ale může být užitečná v některých životních situacích. Do plazmidu lze běžně vložit molekulu cizí DNA, jejíž velikost nepřesahuje 10-15 kb, v ideálním případě lze vložit i molekuly kolem 22 kb. Plazmidy vnášíme do bakteriálních buněk **transformací** (<http://biologie.upol.cz/metody/Klonovani%20DNA.htm>).
- b) **Bakteriofágy** - viry, které napadají bakterie. Bakteriofág s uměle začleněnou cizí DNA pronikne do buňky, ve které dojde k namnožení celé fágové DNA. Tento proces, kdy dochází k začlenění nového úseku DNA do genetické výbavy hostitelské buňky prostřednictvím viru, se nazývá **transdukce** (<http://bakteriofag.navajo.cz>).
- c) **Kombinace plazmidové a bakteriofágové DNA** představují výhody obou předchozích vektorů (Kočárek, 2007; <http://genetika.wz.cz/prokaryota.htm>).
- d) **Umělé chromozomy** - využívají se ke klonování velmi dlouhých úseků cizí DNA.

Genové inženýrství a GMO

Základem genového inženýrství je horizontální přenos genů. (Kočárek, 2004) Tzn. výměna genetického materiálu mezi různými organismy. (Vertikální přenos je uskutečňován z rodičů na potomky, popř. z mateřské buňky do dceřiných buněk.)

Dnešní metody genového inženýrství umožňují do cílového organismu zasazení právě toho genu, té vlastnosti, kterou potřebujeme. Toto je možné prostřednictvím enzymů schopných DNA na určitém místě „rozstříhnout“ tak, aby vznikly konce, které se snadno spojí a znovu „sešijí“ jinými enzymy.

Pro vstup cizího genu do buňky se využívá vektorový (plazmidy, bakteriofágy) i bezvektorový přenos - tj. přímé vnesení cizí DNA do buňky (např. mikroinjekce, biolistická metoda).

Gen upravený metodami genového inženýrství a přenášený do nového hostitelského organismu se označuje jako **transgen**. Organismus, jehož genom obsahuje stabilně začleněný transgen, se označuje jako **transgenní** (nebo též **geneticky modifikovaný organismus**) (Rosypal, 2003, http://cs.wikipedia.org/wiki/Geneticky_modifikovan%C3%BD_organismus; Koukal, 2007).

7.2 Pomocný text pro učitele – GMO a biotechnologie

Struktura textu:

1. Geneticky modifikované organismy (GMO)
 - 1.1 Definice a vznik GMO
2. Genetické modifikace
 - 2.1 GMO v rostlinné výrobě
 - 2.1.1 Odolnost vůči herbicidům
 - 2.1.2 Odolnost vůči hmyzím škůdcům
 - 2.1.3 Odolnost vůči virům
 - 2.1.4 Odolnost k bakteriím a houbovým chorobám
 - 2.1.5 Další genetické manipulace
 - 2.2 Geneticky modifikované organismy ve farmacii
 - 2.3 Genetické modifikace u živočichů
 - 2.3.1 Zkvalitnění živočišných produktů
 - 2.3.2 Odolnost vůči chorobám
 - 2.3.3 Zvýšení růstových schopností
 - 2.3.4 GM hospodářská zvířata a životní prostředí
 - 2.3.5 Živé bioreaktory
 - 2.4 Genetické modifikace člověka
3. Proces schvalování
4. Možná rizika
5. Můžeme se nakazit genem?
6. Rozšíření GMO
7. Biotechnologie

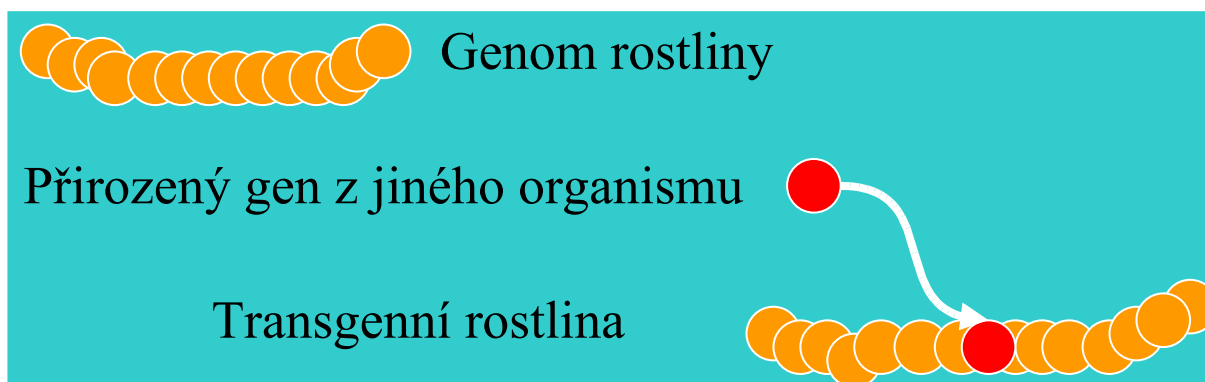
Znění textu:

Geneticky modifikované organismy (GMO)

1.1 Definice a vznik GMO

Pod pojmem **geneticky modifikované organismy** (GMO, mikroorganismy, rostliny a živočichové kromě člověka) rozumíme takové, jejichž genetický základ byl úmyslně pozměněn vnesením cizí genetické informace do hostitelského organismu, přičemž si geneticky modifikovaný organismus zachovává schopnost dále se reprodukovat.

(Rosypal 2003, http://cs.wikipedia.org/wiki/Geneticky_modifikovan%C3%BD_organismus)



Obr.1 Vnesení cizího genu do genomu rostliny (www.biotrin.cz)

Genové inženýrství je nástroj, který umožňuje do cílového organismu zasazení právě toho genu, té vlastnosti, kterou potřebujeme. Vstup cizí DNA (genu) do nitra buňky zajistíme tak, že ji začleníme do jiného molekuly DNA, tzv. **vektoru**. K nejvhodnějším vektorům patří bakteriofágová nebo plazmidová DNA.

Geneticky upravené, vyšlechtěné (klasickými metodami) jsou snad všechny druhy zemědělských plodin a hospodářských zvířat.

Nejprve na žádoucí mutace jen pasivně čekali, později je začali vyvolávat uměle -umělé poškození DNA zářením nebo chemikáliemi.

Náš známý šlechtitel docent Josef Bouma vzal ječmene odrůdy Valtický a u přítele ho ozářil zubářským rentgenem. Z těchto semen vyšlechtil slavnou odrůdu Diamant. Měla o 200 až 300 klasů víc na čtvereční metr, stéblo bylo o 15 cm kratší, takže nepoléhalo a výnos o 12% vyšší než původní odrůda. Dnes se např. na velkých plochách pěstuje radiační mutant - halotolerantní rýže, připravená v rámci programu Mezinárodní agentury pro atomovou energii. Jiným radiačním mutantem jsou růžové bezjaderné grapefruity.

Genetické modifikace

2.1 GMO v rostlinné výrobě

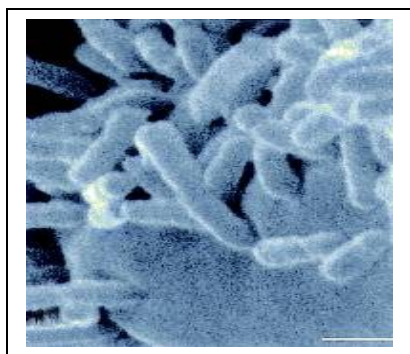
K nejčastějším objektům genových manipulací patří v současné době rostliny. Cílem je především zvýšení výnosů a vyšší kvalita plodů. Velké naděje se také vkládají do plodin obsahující zvýšené množství vitamínů nebo jiných složek potravy. Předpokládá se, že by jejich pěstování mohlo alespoň z části zabránit rozsáhlým hladomorům v zemích třetího světa.

Transgeny lze do rostlinného genomu vnášet prostřednictvím **plazmid bakterie**, která způsobuje na rostlinách zduřeniny připomínající nádor – *Agrobacterium tumefaciens* (bakterie vnese do rostlinné buňky svůj plazmid, na kterém jsou geny – rostlinné, živočišné, virové, bakteriální i syntetizované uměle). Ta část plazmidu, která se dostává do rostlinných buněčných jader a jejíž geny v rostlinách projevují, byla nazvána **T-DNA**.

Lze použít i tzv. bezvektorový přenos, př. biolistická metoda nebo metoda nastřelování mikroprojektily (DNA je přichycena na mikroprojektily – průměr 1 µm, z inertního kovu – zlato, wolfram, a ty jsou pak vstřelovány do rostlinných buněk. DNA se tam uvolní a část se tam vlivem rostlinných buněk zabuduje do rostlinného genomu).

(Šifer 1998, www.greenpeace.org/czech/kampane2/geneticke-modifikace).

Agrobacterium tumefaciens (resp. *Rhizobacterium tumefaciens*) je druh gramnegativní bakterie, která infikuje dvouděložné rostliny a vytváří nádory v rostlinných pletivech. Princip vzniku nádoru je založen na průniku části DNA bakterie - Ti-plazmidu (tzv. T-DNA) do rostlinné buňky a její polonáhodné začlenění do genomu rostliny. Inkorporovaná část bakteriální DNA obsahuje sadu genů, z nichž nejdůležitější jsou geny pro produkci rostlinných hormonů, které vedou k vytvoření nádoru, a geny pro produkci opinů - zvláštního typu aminokyselin, který slouží metabolismu agrobakterií jako energetický zdroj. *Agrobacterium tumefaciens* a jemu příbuzné druhy jsou sice členem čeledi *Rhizobiaceae* stejně jako dusík fixující hlízkové bakterie, které žijí s rostlinami v mutualismu, ale narozdíl od nich je čistým parazitem, který rostlinu vyčerpává a nepřináší jí žádný profit (http://cs.wikipedia.org/wiki/Agrobacterium_tumefaciens).



Obr. 2 *Agrobacterium tumefaciens* 80 mm (http://cs.wikipedia.org/wiki/Agrobacterium_tumefaciens)

Používají se transgeny pro odolnost:

1. vůči herbicidům
2. k hmyzím škůdcům
3. k virům
4. bakteriálním a houbovým chorobám

2.1.1 Odolnost vůči herbicidům

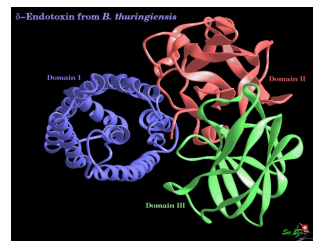
Jako jedny z prvních byly do rostlinného genomu přeneseny **TRANSGENY PRO ODOLNOST K HERBICIDŮM** (angl. HT, herbicide-tolerant). Herbicid zpravidla působí vysoce specificky, inaktivuje některý enzym, který je životně důležitý právě jen v rostlinných buňkách, ale často není vůbec přítomen v buňkách živočišných. (Šifner 1998)

2.1.2 Odolnost vůči hmyzím škůdcům

Využívá se protein - toxin bakterie *Bacillus Thuringiensis* – *delta-endotoxin*.

Různé poddruhy a kmeny vytvářejí toxiny se specifickou různým čeledím hmyzu.

Toxiny těchto bakterií jsou netoxické pro obratlovce.



proti

Obr. 3 (Delta-endotoxin)

Protein působí v trávicím traktu hmyzu (když ji pozře určitý hmyz, bílkovina se v jeho střevech rozpustí a proděraví trávicí trubici), otráven může být pouze predátor, který do rostliny kousne, ne hmyz, který náhodně přeleze.

Bt-odrůdy bavlníku (1990), kukuřice (u nás – proti zavíječi kukuřičnému), bramboru
Zemědělci používali tento bacil již mnoho let – stříkali jím pole. Problém byl v tom, že na povrchu listu dlouho nevydržel a postřik se musel přesně načasovat na žír škůdce.

I u nás je stále významnější Bt kukuřice, v roce 2005 se poprvé pěstovala na produkci vyselo se jí 270 ha, v roce 2006 již 1290 ha. (ochrana Bt kukuřice byla ve všech případech 100%) (<http://www.biotrin.cz/czpages/m2008/032008.htm>; Petr, 2008; www.mze.cz/attachments/zemedtydenik3.pdf ; Pazdera, 2008; Pazdera, 2002).

2.1.3 Odolnost vůči virům

Odolnosti proti virům byla navozena přenosem genu pro tvorbu pláštěvého proteinu viru tabákové mozaiky, jehož přítomnost v rostlinných tkáních vyvolává jak odolnost proti tomuto viru, tak i proti virům jemu příbuzným (Rosypal, 2003).

Při množení viru se nově syntetizované molekuly RNA předčasně obalí pláštěvým proteinem a vznikají defektní virové částice.

př. Dýně, papája

Tato metoda se ověřila u viru tabákové mozaiky, X-viru bramboru, viru mozaiky okurky a viru mozaiky vajtěšky (<http://www.biotrin.cz/czpages/inf051303c.htm>, www.agbioforum.org/v7n12/v7n12a07-gonsalves.htm).



Obr. 5 Papája (převzato z: <http://nd.blog.cz/a/anorexie-nikol.blog.cz/nahledy/29612690.jpg>)

2.1.4 Odolnost k bakteriálním a houbovým chorobám

Přenesené a upravené různé rostlinné, živočišné i bakteriální geny.

Obr. 6 Celosvětová plocha osetá transgeními plodinami
(http://81.0.228.70/attachments/sbornik_GMO_2007.pdf)

2.1.5 Další genetické manipulace

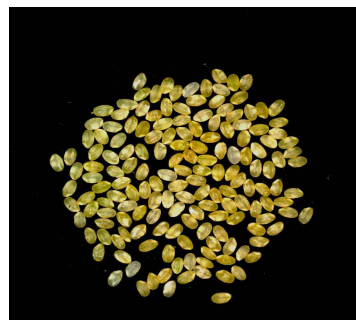
1. **Rajče FLAVRsAVR** ("flejvr sejvr") bylo první transgenní rostlinou. Tato odrůda pomocí transgenu blokuje vlastní gen pro glukonázu – enzym, který se uplatňuje při rozkladu střední lamely buněčné stěny ve zralých plodech a podmiňuje měknutí plodů

rajčat a jejich zvýšenou citlivost k hnití. Tyto rajčata se tedy mohou sklízet později, mají lepší chuť a vůni.

2. **Mák Norman** - neprodukuje morfin ani kodein (není zneužitelný pro výrobu drog). Produkuje surovinu využitelnou k výrobě nových léků proti malárii
V Tasmanii, která je producentem 40 % světové sklizně se pěstuje téměř na všech polích.

3. **Zlatá rýže** - nese gen kukuřice pro tvorbu beta-karotenu, z něhož v lidském těle vzniká vitamin A, jehož nedostatek vede k poruchám zraku. Předpokládá se, že by tato plodina mohla vyřešit problémy s nedostatkem provitaminu A v chudých rozvojových zemích.

Geneticky modifikovaná rýže může například zajistit obyvatelům třetího světa dostatečný přísun vitamínu A, jehož nedostatek připraví ročně o zrak asi 200 000 dětí.
Je žlutě zbarvená.



Obr. 7 (Zlatá rýže)

4. **Rajčata** - odolná proti mrazu díky genu z arktické ryby
- produkující bílkovinu z viru, který vyvolává závažná dětská průjemová onemocnění (konzumace působí jako vakcína)
5. **Jablko** odolné vůči bakteriální spále tím, že obsahuje gen z mýry.
6. **Pyrotechnický plevel** – geneticky modifikovaný plevel huseníček mění barvu listů v přítomnosti oxidu dusičitého, uvolňovaného do půdy z výbušnin. Trsy barevně pozměněných rostlin tak prozradí, kde se v minovém poli skrývají miny.

Do budoucna předpokládáme, že biotechnologové připraví plodiny snášející různé stresy, jako je mráz, sucho, sůl v půdě nebo záplavy.

Už dnes se šlechtitelé připravují na vyčerpání zásob fosilních zdrojů (ropy, uhlí, zemního plynu) a moudré vlády je v tom podporují. Pak to totiž budou rostliny, které vyrobí suroviny pro chemický průmysl a trochu pomohou i v energetice.

2.2 Geneticky modifikované organismy ve farmacii

Prvním produktem genového inženýrství byl v roce 1982 lidský **inzulin**.

Brzy po něm byl připraven **růstový hormon**. Pacienti trpící cukrovkou nebo poruchami růstu dnes běžně užívají tyto hormony produkované geneticky modifikovanými bakteriemi.

V roce 1986 byla vytvořena první humánní vakcína proti **hepatitidě typu B** zavedením genu pro tvorbu povrchového proteinu viru hepatitidy B do kvasinkových buněk.

Roku 1994 byly připraveny geneticky modifikované buňky křečka, které se pěstují v kultuře a syntetizují enzym deoxyribonukleázu, který slouží k léčbě pacientů s **cystickou fibrózou**. Jeho působením se rozpouští hlen, který se hromadí v plicích a může způsobit zadušení (Kočárek, 2004).

Genetické modifikování bakterií se využívá například k výrobě lidského (humánního) inzulínu. Přenáší se rekombinantní DNA z B-buněk Langerhansových ostrůvků slinivky břišní do buňky *Escherichia coli* nebo *Saccharomyces cerevisiae*, které poté syntetizují inzulín (http://cs.wikipedia.org/wiki/Geneticky_modifikovan%C3%BD_organismus).

2.3 Genetické modifikace u živočichů

2.3.1 Zkvalitnění živočišných produktů

Genetické modifikace by mohly přispět k ozdravení živočišných produktů.

Příkladem jsou GM prasata, která získala gen *fat-1* odpovědný za tvorbu enzymu převádějícího málo žádoucí, ale zato hojné omega-6-mastné kyseliny na žádoucí omega-3-mastné kyseliny. Konzumace vepřového masa z těchto GM zvířat by mělo mít příznivý efekt na kardiovaskulární systém konzumentů a měla by jim skýtat ochranu před nádorovými onemocněními (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

Genetická modifikace, která by nahradila mléčné bílkoviny skotu za bílkoviny mateřského mléka, by odstranila problémy se vznikem alergií na bílkoviny kravského mléka, především na alfa-laktalbumin, beta-laktoglobulin a kaseiny.

Transgenozí byly připraveny též ryby, vyznačující se tolerancí ke změnám obsahu solí ve vodě, velmi rychlým růstem nebo odolností vůči výkyvům teploty (Rosypal, 2003).

2.3.2 Odolnost vůči chorobám

Zajímavý projekt byl realizován u skotu a týkal se získání odolnosti k mastitidám vyvolaných bakterií *Staphylococcus aureus*. Odolná linie skotu vznikla přenosem bakteriálního genu pro lysostaphin z bakterie *Staphylococcus simulans*. Lysostaphin má schopnost ničit bakterie *Staphylococcus aureus* a GM krávy, které jej produkovaly v mléčné žláze, byly výrazně odolnější k mastitidám.

Ke zvýšení odolnosti k ekonomicky významným chorobám lze využít i genový knokaut. Cílené narušení genu pro tzv. prionový protein zajišťuje u nositelů této defektní vlohy odolnost k prionovým onemocněním (spongiformním encefalopatiím). Tímto způsobem byl získán skot odolný vůči BSE a ovce odolné ke skrapii.

Značné úsilí je věnováno genetické modifikaci drůbeže (kura), jež by zajistila odolnost k chřipkovým virům typu A, především pak k subtypům, u nichž hrozí přenos z drůbeže na člověka (např. H5N1, H7N7). Projekty s tímto cílem byly zahájeny ve Velké Británii a v Číně (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

2.3.3 Zvýšení růstových schopností

Naděje vyvolané úspěchem při zvýšení intenzity růstu GM myší (např. přenosem genů pro růstový hormon, protein *c-ski*, růstový faktor IGF1) se u hospodářských zvířat (prasat, skotu, ovcí) nenaplnily.

Přenosem genu pro releasing hormon růstového hormonu (RHGH), který měl regulační sekvence upraveny tak, aby produkoval modifikovaný RHGH s prodlouženou biologickou aktivitou ve svalovině, se podařilo u prasat docílit zvýšení intenzity růstu zhruba o 30% při srovnatelné spotřebě krmiva.

Praktické uplatnění těchto genetických modifikací je krajně nepravděpodobné (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

2.3.4 GM hospodářská zvířata a životní prostředí

Navzdory skutečnosti, že jsou genetické modifikace často stavěny do protikladu s ochranou životního prostředí, může být chov GM hospodářských zvířat pro ochranu životního prostředí velkým přínosem. Příkladem jsou GM prasata, která mají přenesen do dědičné informace bakteriální gen pro fytázu. Enzym pro rozklad rostlinného fytátu vylučují GM prasata ve slinných žlázách. Díky tomu lépe využívají pro ně jinak těžko dostupný fosfor vázaný ve fytátu rostlinných krmiv. U linie GM prasat Enviropig získané na universitě v kanadském Guelphu klesá množství fosforu vylučovaného s výkaly až o 70%. To má při velkém objemu likvidované prasečí kejdy značný význam pro ochranu povrchových vod před eutrofizací (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

2.3.5 Živé bioreaktory

Za perspektivní se považuje vytváření transgenních zvířat, z jejichž tělních tekutin nebo tkání (např. mléka, krve, moče) lze získávat farmakologicky významné látky. Byly připraveny např. transgenní ovce, jejichž mléko obsahuje vysoké procento lidského faktoru pro srážení krve, který se používá pro léčbu hemofilie (Rosypal, 2003).

Spojením metodologie klonování živočichů s přenosem genů lze též připravit transgenní klonovaná zvířata.

Nejvíce se ale v současnosti klonuje s cílem vytvořit transgenní zvíře fungující jako živý bioreaktor produkující cenné bílkoviny.

V jejich těle je díky genetickému zákroku syntetizována lidská bílkovina, kterou lze izolaci a vyčištění využít pro léčbu lidských onemocnění.



po

Ob

r. 8 (Transgenní kozy)

Prvním takto naklonovaným "živým bioreaktorem" se stala **ovečka Polly**, která nese ve své dědičné informaci gen pro lidský srážlivý faktor IX, bílkovinu, jež chybí lidem stíženým chorobnou krvácivostí neboli hemofilií.

Na konci roku 1998 se podařilo naklonovat **tři kozy**, které nesou ve své dědičné informaci gen pro lidský antitrombin III. Tato bílkovina brání srážení lidské krve. Lze ji proto využít při léčbě infarktů nebo mozkových cévních příhod. Lékaři by mohli využít antitrombin III i při operacích srdce a plic, kdy pacientova krev prochází umělým krevním oběhem a roste riziko vzniku krevních sraženin schopných ucpat v těle pacienta životně důležité cévy. V sklonku roku 1999 končila ve Spojených státech poslední fáze ověřovacích testů, na jejichž základě mělo být povoleno používání lidského antitrombinu III z transgenních koz v humánní medicíně.

Na podzim roku 1999 se měla narodit v Kanadě kůzlata, která budou v mléce dojit bílkovinu pavučiny. Při účinnosti izolace bílkoviny z mléka nad 80% a čistotě izolovaného proteinu přesahující 99% bude možné získávat pavoučí protein v množstvích, jakým by nedokázala konkurovat ani produkce gigantické pavoučí farmy. Pavučina vyniká nejen pevností, ale i tím, že ji velmi dobře snáší lidské tělo. Lékaři spatřují v **BioSteelu** nadějnou surovinu pro konstrukci náhradních šlach a vazů. BioSteel také poskytne vynikající materiál pro chirurgické zákroky, např. pro oční operace a operace mozku. Chirurgický steh z BioSteelu se totiž beze zbytku vstřebá

(<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

2.4 Genetické modifikace člověka

Genetické modifikace člověka můžeme rozdělit na **genovou terapii** a **genové vylepšení**.

Genové vylepšení má za cíl posun člověka za hranice normálu. Nejsou to ale “nepřirozené stavy”, jak by se mohlo někomu zdát. Všichni jsme povinně očkováni např. proti tetanu, což je zcela “normální”. Očkování je však zásah do imunitního systému. Vědci se pokouší získat odolnost k AIDS, rakovině tlustého střeva...

Proč nedosáhnout těchto cílů zásahem do lidské dědičné informace?

Pod pojem **genová terapie** (GT) můžeme zahrnout všechny postupy, které využívají přenosu genetického materiálu do buněk pacienta k léčebným účelům. Princip genové terapie je jednoduchý. Do těla pacienta je vpraven „nový“ gen. Ten může nahradit gen „nefungující“ a nebo si podle „nového“ genu tělo vytvoří lék, který nemoc vyléčí. Metodologie GT je uplatnitelná tam, kde je známa molekulární podstata nemoci. Vzhledem k tomu, že poznatků o patogenezi chorobných stavů na molekulární úrovni přibývá, rozšiřuje se i okruh indikací pro GT.

Předpokládá se, že nejvhodnější vektory jsou právě viry (zejména adenoviry a některé retroviry), jejichž aparát umožní vstup nukleové kyseliny se zabudovaným funkčním genem do buňky pacienta.

Ačkoliv se při zrodu GT uvažovalo především o jejím využití při léčbě vrozených chorob, většina probíhajících klinických studií se zaměřuje na choroby získané. Mezi nimi dominují zhoubné nádory, ale intenzivně se její postupy prověřují také např. při léčbě kardiovaskulárních a metabolických chorob, degenerativních nervových onemocnění, AIDS a také v transplantační medicíně. Stále se však jedná spíše o experimentální terapii, která s sebou může nést řadu vedlejších efektů.

(Schreibe, 2007; Soukupová, 2007b; www.biotrin.cz/czpages/p_g_t.htm; Šenigl, 2006)

První pokusy s tímto způsobem léčby se uskutečnily už v roce 1990. při léčbě tzv. syndrom SCID (Severe Combined Immunodeficiency Disease). Jde o velmi vážnou genetickou poruchu, která má za následek nefunkčnost lymfocytů nezbytných pro obranyschopnost organismu. V případě silného postižení nemocný obvykle umírá během prvních let života.

Počáteční nadšení bohužel netrvalo dlouho. U tří z 11 pacientů se vyvinula leukémie.

V roce 2001 vyléčeno deset "bublinových dětí". U čtyřech propukla leukémie. Ve světě bylo provedeno podobných léčebných zákroků 40 a počet dětí, u nichž propukal leukémie se nedávno zvýšil na pět. Poslední obětí je chlapec z Velké Británie.

(Šenigl, 2006; Kočárek, 2007; Petr, 2008; Petr 2007a; Soukupová, 2007a).

Proces schvalování

Pravidla pro činnosti s GMO jsou v České republice stanovena zákonem č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, podrobnosti upřesňuje prováděcí vyhláška č. 209/2004 Sb., o bližších podmínkách nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty. Zákon stanoví povinnosti osob, působnost správních úřadů, administrativní postupy při povolování nakládání s GMO a genetickými produkty, včetně informování a zapojení veřejnosti, dále také sankce (pokuty) za porušení předpisů v této oblasti.

Je třeba označovat nejen samotné GMO, ale také výrobky obsahující či vyrobené z GMO, kde podíl jednotlivých geneticky modifikovaných složek nebo složky ve výrobku je vyšší **než 0,9 %**. V tomto případě hovoříme o náhodné příměsi GMO, a takové, jejíž přítomnosti nelze technicky zabránit (Doubková, 2006).



Obr.9 Jedlý sójový olej (Čeřovská, Štěpánek, Říha, 2006)

Výrobci jak čeští tak většina zahraničních označuje výrobky z GMO podle požadavků EU. Sdružení Biotrin provedlo v minulém roce průzkum značení a zjistilo, že všechny u nás prodávané oleje obsahující GM sóju, jsou značeny. Týká se jen sóji, protože ta jediná je u nás povolena pro lidský konzum, a zejména český výrobce SETUZA výrazně označuje obsah GMO velkými písmeny na hlavním štítku. Poněkud jiná situace je u sójových omáček (http://www.biotrin.cz/czpages/bulletin/Internet_bulletin_X_2007.pdf).

4. Možná rizika

Nevytlačí GMO ostatní rostliny? Nevzniknou nové druhy plevelů?

Často zmiňovaným rizikem je možná „**kontaminace**“ produktů pocházejících z těch systémů, které se možnosti využití GMO dobrovolně zřekly. Jedná se především o ekologické (organické) zemědělství. Pokud by došlo k přenosu pylu z porostu transgenní plodiny na plodinu pěstovanou ekologickým způsobem, sklizený produkt by následkem zkřížení obsahoval transgen a nemohl by být tedy deklarován jako produkt ekologického zemědělství, čímž by pěstitelům mohla vzniknout ekonomická škoda. Důsledným dodržováním izolačních vzdáleností je možné toto riziko minimalizovat tak, jako je tomu např. již dnes u prevence nežádoucího opylení při produkci osiva.

(<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>)

Další velké riziko je **vznik nových alergenů**. Paleta alergenů je široká a pestrá a navíc počet alergiků stoupá. Kontrola GMO však zahrnuje i testování možnosti, že by genetická modifikace vyvolala i nový alergen.

Ve volné přírodě mají geneticky modifikované plodiny (GMP) jen nepatrnou šanci k samovolnému šíření.

Obecně je přenos genu vneseného do plodiny na jinou rostlinu nežádoucí a v některých případech představuje riziko. Gen se ale musí přenášet pylem a mezi rostlinami, které se kříží a kvetou současně, a to ve vzdálenosti, na kterou je přenos reálný. Jen málo dvojic druhů splňuje tyto podmínky. Kukuřice se u nás nekříží s žádnou jinou rostlinou. U hrachu už malá vzdálenost přenosu zabrání. Zato pšenice se kříží s některými druhy pýrů, a tak by vnesený gen představovat riziko mohl. Při schvalování GMP se musí tyto okolnosti důkladně prověřit.

Do plodin s genetickou modifikací nepřidáváme nic nepřírodního, žádná umělá sloučenina, ale jen DNA, které sníme denně několik gramů. Tato DNA se neliší od té ostatní a je stejně strávena. Geny, které představuje, jsou v přírodě vyvinuté geny, které v jiných organismech spolu s bílkovinami, které je kódují, tak jako tak jíme a spolehlivě strávíme. Málokdy si uvědomíme, že s běžným obědem spolkneme desítky miliónů bakterií, a tedy miliardy bakteriálních genů. Tak proč by jeden z nich obsažený třeba v sóji nebo kukuřici měl vadit (Drobník, 2005; <http://www.biology.webz.cz/GMO1.php>)?

5. Můžeme se nakazit genem?

Není žádným tajemstvím, že dědičnou informaci cizích tvorů konzumujeme dnes a denně. Kdybychom naši potravu zbavili veškeré vody, pak bychom v každé tuně dokonale vysušeného zbytku našli 50 až 200 gramů DNA. Pokud bychom použili potravinu vyrobenou výhradně z geneticky modifikované rostliny, našli bychom v této hromádce DNA asi půl mikrogramu DNA tvořené genem použitým ke genetické modifikaci. S každým jídlem přijímáme tu více tu méně narušené geny zvířat, rostlin i bakterií. A naše žaludky jsou k tomu velmi dobře uzpůsobeny. Kyselé prostředí a trávicí enzymy štěpí vše a dědičnou informaci přijatou s potravou také nešetří. Drtivá většina dědičné informace se při přechodu z žaludku do střeva rozpadá na jednotlivá písmena genetického kódu a žádná informace už to vlastně ani není. Ale připusťme, že se nějaké dědičné informace z potravy, například z geneticky modifikované rostliny, přeci jen zachránila a putuje dále naším trávicím traktem. Je to jen kapka v moři ve srovnání se záplavou DNA pocházející z našich mikroskopických „podnájemníků“. Ve střevu hostíme asi 500 druhů bakterií, jejichž celkový počet se pohybuje v milionech miliard. Současně s nimi hostíme i astronomické počty asi 1 200 druhů virů a neznámé spektrum dalších organismů, jako jsou prvoci nebo houby. Naše útroby jsou zoologickou zahradou, jejíž „chovanci“ se množí i umírají – a přitom uvolňují dědičné informace. Nic z toho nám nevádí.

Ale připusťme, že gen použitý ke genetické modifikaci je zcela unikátní. Tuhle představu není jednoduché přijmout, protože geny pro modifikace rostlin si většinou půjčujeme od organismů, s nimiž běžně přicházíme do styku. Například od půdních bakterií, které polykáme s každým nádechem prachu zvířeného na ulici projíždějícím automobilem (<http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf>).

6. Rozšíření GMO

V roce 2004 oselo asi osm a čtvrt milionu zemědělců v 17 zemích 81 miliónů hektarů půdy transgenními rostlinami.

Letos u nás 131 farmářů zaselo GM kukuřici na pěti tisících hektarech, což jsou dvě procenta veškeré výměry kukuřice. V roce 2005, kdy se v tuzemsku směla geneticky manipulovaná plodina pěstovat poprvé, ji padesát zemědělců sklídilo z 270 hektarů.

Jedním z hlavních důvodů pro rychlé přijetí transgenních plodin v mnoha oblastech světa je právě **nižší nákladovost**, a tím pádem vyšší konkurenceschopnost na trzích, kde je možné produkty těchto plodin uplatnit.

V roce 2005 oslavily a zhodnotily biotech-nologické firmy 10. výročí pěstování geneticky modifikovaných (GM) plodin. Rok 2006 byl prvním rokem druhé dekády jejich pěstování. V roce 2006 překročila plocha, na které byly pěstovány hranici 100 milionů hektarů (102 mil ha), díky tomu, že do jejich pěstování se zapojilo více než 10 milionů farmářů z 22 zemí. V roce 2005 to bylo 90 mil. ha, 8,5 mil. farmářů a 21 zemí. Svědčí to o tom, že miliony malých i velkých farmářů přijaly zemědělské biotechnologie za své, a to v průmyslových i rozvojových zemích. Nárůst plochy o 12 mil. ha mezi rokem 2005 a 2006 byl druhý nejvyšší v posledních pěti letech. Je pozoruhodné, že ve 22 zemích, kde se povolené druhy GM plodin pěstují, žije více než polovina populace (55 % - 3,6 miliard lidí).

Z jejich celkového počtu je to 11 průmyslových a 11 rozvojových zemí. V roce 2006 přibýlo mezi evropské země pěstující GM plodiny i Slovensko. Pokud jde o plochy oseté biotechnologickými plodinami, je pořadí zemí následující: USA, Argentina, Brazílie, Kanada, Indie, Čína, Paraguay, Jižní Afrika, Uruguay, Filipíny, Austrálie, Rumunsko, Mexiko, Španělsko, Kolumbie, Francie, Irán, Honduras, Česká republika, Portugalsko, Německo a Slovensko.

Největší nárůst pěstování s GM plodinami zaznamenali v roce 2006 v USA a v Indii. Lidnaté země třetího světa jako je Indie a Čína a jejich pěstování GM plodin významným způsobem ovlivňuje shora uvedená statistická data. Je však velmi podstatné, že z 10 milionů farmářů pěstujících biotechnologické plodiny je jich 90% malých, chudých pěstitelů z rozvojových zemí, kterým tyto pokrokové metody pomáhají zvýšit příjmy a zmírnit chudobu. Takže - jak už bylo mnohokrát řečeno - má využití GM plodin ve druhé dekádě pěstování snížit bídu a hlad v chudých, lidnatých zemích na polovinu (do roku 2015). Závěrem lze o tzv. zelených

biotechnologiích říci, že v prvním roce druhé dekády pěstování GM plodin pokračoval velmi intenzivně nárůst ploch osetých těmito odrůdami. Významným směrem ve vývoji GM plodin jsou také změny genomu rostliny vnesením více než jedné vlastnosti (2-3). To znamená, že do jedné odrůdy může být vnesen gen, resp. geny pro toleranci k herbicidu, resistenci ke škůdci a další. Celkový pohled na rozvoj biotechnologií je optimistický. Očekává se, že zájem o geneticky modifikované organismy bude významně narůstat, a to nejen pro potravinářské a krmivářské účely, ale také pro biopaliva a průmyslové suroviny (http://www.biotrin.cz/czpages/bulletin/Internet_bulletin_X_2007.pdf).

7. Biotechnologie

Vymezení pojmu biotechnologie:

Slovo biotechnologie se skládá ze dvou slov:

Bios = život,

technologie = postup

... volně přeloženo – postup výroby u živých organismů.

Biotechnologie používají živé organismy, buňky nebo jejich části (enzymy) k výzkumu, jehož poznatky pak dávají vzniknout novým produktům a aplikacím v medicíně, zemědělství, potravinářství, ochraně životního prostředí a alternativních metodách výroby v chemickém průmyslu či jiných průmyslových procesech. V současnosti je biotechnologie interdisciplinární vědou, která je ovlivňována chemií, biologií, fyzikou, materiálovými naukami, inženýrstvím a informatikou (www.biotrin.cz/czpages/inf051303d.htm#01).

Pod pojmem biotechnologie rozumíme soubor výrobních postupů založených na využití biologických, resp. biochemických procesů (Kočárek 2007).

Biotechnologie můžeme rozdělit na tzv. klasické a moderní. Mezi **klasické** řadíme kvasné procesy využívané od nepaměti (využívají mikroorganismy pro výrobu některých potravin a nápojů – sýry, pivo, víno, ...). V těchto případech šlo o přírodní pochody, ve kterých hlavní roli hrála aktivita jednobuněčných organismů a nižších hub.

Moderní biotechnologie se začínají rozvíjet od druhé poloviny 20. století. Jejich základem je genetické inženýrství. Je to jakýsi nástroj moderních biotechnologií, který zahrnuje řadu technik používaných ke zkoumání a/nebo úpravě genetické stavby buněk nebo organismů. Za pomoci technických a enzymatických „nástrojů“ genetického inženýrství je možné izolovat, zmnožovat, definovat, vybírat, rušit, vkládat, **klonovat**, přestavovat nebo přenášet specifické sekvence DNA (www.biotrin.cz/czpages/inf051303d.htm#01).

Genetické inženýrství jen změnilo pouze fakt náhodnosti (nejedná se pouze o nahodilé mutace, ale o cílenou změnu). Vyvinulo i metody, jak přenášet geny i mezi geneticky zcela rozdílnými jedinci - např. mezi faunou a flórou.

Konečným **cílem** těchto genových manipulací je zejména:

1. Zvýšit výnosy, odolnost a nutriční hodnotu zemědělských plodin
2. zvýšit produkci hospodářských zvířat, drůbeže a ryb,
3. zlepšit chuť, kvalitu a trvanlivosti potravin,
5. připravit léčiva a jiné biopreparáty ve vyšším množství a vyšší kvalitě,
6. vypěstovat mikroorganismy vhodné pro ekologické čištění vody, půdy, popř. jiných složek životního prostředí.

(Kočárek 2004)

7.3 Metodické poznámky k jednotlivým oknům prezentace –

Klonování

Okno 1 Všechna zvířata jsou si rovna, některá jsou si rovnější....

www.molbio.upol.cz/stranky/vyuka/cgi/3.ppt

Okno 2 Kočárek, 2004 s. 190; Petr, 2003 s. 121; Šmarda, 2003 s. 123-124

Okno 3 Pohlavní a nepohlavní. Při pohlavním splynutím dvou pohlavních buněk (gamet) vzniká nový jedinec. Při nepohlavním nový jedinec vzniká z jednoho rodičovského organismu.

Okno 4 Při nepohlavním rozmnožování vzniká nový jedinec z jedné původní buňky, z části tkáně nebo orgánu. Generace vzniklé nepohlavním rozmnožováním se tedy nazývají klony a způsob jejich rozmnožování klonování.

Okno 5 Rostliny (tzv. vegetativní rozmnožování pomocí šlahounů, oddenků, hlíz, cibulí,...), bakterie (dělení), nižší živočichové (prvoci, žahavci - pučení).

Okno 6 Při pohlavním rozmnožování vzniká nový jedinec splynutím dvou haploidních pohlavních buněk-gamet (samčí a samičí). Jejich splynutím vzniká diploidní buňka – zygota. Nový jedinec je kombinací genetické výbavy dvou jedinců. Při nepohlavním rozmnožování je nový jedinec genetickou kopií jednoho rodiče.

Okno 7 Klony: a)b)d)f)g)

Okno 8 Klony: a)b)d)f)g)

- a) ano (stromek - nepohlavní rozmnožování)
- b) ano (brambory - nepohlavní rozmnožování)
- c) ne (vejčka ptáků vznikají pohlavním rozmnožováním)
- d) ano (nezmar se rozmnožuje pučením, nepohlavní rozmnožování)
- e) ne (plod broskve - vznik pohlavním rozmnožováním)
- f) ano (jednovaječná dvojčata)
- g) ano (šlahoun – nepohlavní rozmnožování)

U nižších živočichů je přirozené klonování celkem běžné. Například známá regenerační schopnost nezmaru, z každé izolované části nezmarova těla doroste nový, geneticky zcela totožný nezmar (pučení).

U vyšších živočichů s dokonalejší organizací těla k tomuto přirozenému klonování musí dojít ještě relativně brzy, v časných stádiích vývoje jedince. Například savčí zárodek se může za určitých podmínek samovolně rozdělit na několik částí a z každé z nich pak vzniká samostatný jedinec. Tak vznikají například jednovaječná dvojčata u člověka i dalších živočišných druhů. U některých savců je tato schopnost vyvinuta do extrému. Například u jihoamerických pásovců se může během procesu označovaného jako polyembryonie zárodek v těle matky rozdělit až na dvanáct částí a narodí se tak jednovaječná dvanáctčata.

Bodmer; McKie, 1997, s. 87-89; Petr, 2003 s. 121-123

Okno 9 Nejvíce používané techniky jsou dělení embryí a přenos jader.

Existuje i třetí - agregace (tvorba chimér, spojování zárodků). Při této metodě je dohromady spojeno několik velmi časných zárodků. Zárodky splynou v celistvý útvar, který se chová jako jeden jediný zárodek schopný dokončit úspěšně vývoj.

Petr, 2003, s. 133-140

www.gjar-po.sk/studenti/informatika/02_03/kvinta/clanky/piatnica_peter/Klonovanie.doc

Okno 10 Rozdělením embrya na dvě části vzniknou dva identické klony.

Petr, 2003 s. 122-124; Kočárek, 2004 s. 191; Šmarda, 2003 s. 124

Okno 11 Animace (2min.)

Okno 12 1892 embryolog Hans Driesch rozdělil zárodek ježovky, tvořený dvěma nebo čtyřmi buňkami, na jednotlivé buňky. Jednotlivé buňky se dále vyvíjely a z každé vznikla normální larva – klon. Roku 1942 tímto způsobem vznikl klon potkana. Roku 1968 oddělením jedné buňky z osmibuněčného zárodku se narodili králíci. Roku 1979 Steen Willadsen nechal vyvíjet zárodky ovcí a skotu vzniklé oddělením jednotlivých buněk z osmibuněčných embryí.

Narodila se identická dvojčata. Zárodek rozdělený na více částí ztrácel životaschopnost. Podařilo se získat nejvýše identická čtyřčata po rozdělení zárodku na čtvrtiny.

V roce 2000 se podařilo rozčtvrcením zárodku makaka přivést na svět opičí klon, makaka Tetra.

Počátkem devadesátých let dvacátého století provedl americký lékař Jerry Hall svůj experiment se sedmnácti lidskými zárodky, které byly v důsledku těžkého vývojového defektu odsouzeny ukončit svůj vývoj ve velmi časných stádiích. Hall prokázal, že i lidské zárodky jsou schopny dalšího vývoje, a to dokonce do stadia, kdy by se začaly v těle matky spojovat s tkání dělohy a začaly tvořit placentu.

Petr, 2003 s. 123-126; Šmarda, 2003 s. 124

<http://www.ivfbrno.cz/obrazky/embryol/4bb.jpg>

<http://www.iabc.cz/images/abctisk/46/18/46324.jpg>

Okno 13 Diploidní počet, vznikly totiž rozdělením embrya, které mělo diploidní počet.

Okno 14 Ano, vznikly totiž ze stejného embrya.

Okno 15 Ano, jsou to klony vzniklé ze stejného embrya, mají stejné všechny fenotypové znaky.

www.gjar-po.sk/studenti/informatika/02_03/kvinta/clanky/piatnica_peter/Klonovanie.doc

Okno 16 Při transnukleárním klonování je ze somatické buňky (cells taken from donor) odebráno jádro (diploidní jádro) a vloženo do vajíčka zbaveného vlastního jádra (haploidní jádro, nucleus removed from egg cell). Takto vzniklá buňka (embryo) je přenesena do dělohy náhradní matky, kde se vyvíjí jako embryo a vznikne nový jedinec (clone).

Petr, 2003 s. 127-133; Šmarda, 2003 s. 124

Okno 17 Další videa : <http://www.youtube.com/watch?v=Ss-z-d4mcp0&NR=1> (animace, 1min.) a <http://www.youtube.com/watch?v=OCro5zfc3uc> (anglický komentář, 4min.)

Okno 18 Pokusy s umělým klonováním živočichů začaly již v první polovině 20. století. Prvním klonovaným živočichem se staly žáby. Roku 1952 američané Thomas King spolu s Robertem Briggssem klonoval severoamerického skokana levhartího a využil k tomu jádro z buňky zárodku v poměrně pokročilém stádiu vývoje. Takto vzniklý zárodek se vyvíjel v pulce. Michael Fischberg spolu Thomasem Elsdalem a Johnem Gurdonem použili africkou žabu drápatku. Buňky ze žabiho zárodku přenášeny do žabích vajíček zbavených vlastní genetické informace daly vzniknout zárodku, který se vyvíjel nejen do stadia pulce, ale pokračoval až do proměny v pohlavně dospělou žabu. Tyto pokusy byly silnou inspirací pro řadu biologů po celém světě. I česká věda se do tohoto trendu zapojila. Například profesor Sládeček dosáhl významných úspěchů při klonování čolků.

Petr, 2003 s.120-121; Kočárek, 2004 s.190-191

Okno 19 Transnukleární klonování. Žába A (frog A) je dárce vajíčka (egg), ze kterého je odebráno jádro (enucleated egg). Žába B (frog B) je dárce somatické buňky (fully differentiated skin cell), ze kterého je odebráno jádro (nucleus from skin cell) a následně vloženo do vajíčka zbaveného jádra (egg with transplanted nucleus). Z takto vzniklého vajíčka vznikl pulec - klon žáby B.

http://gerstner.felk.cvut.cz/biolab/X33BMI/referaty/2005_2006_LS/1100/Glajcar/Klonovani1.ppt

Okno 20 K největšímu úspěchu v roce 1996 patřilo narození klonované ovce ve skotském Edinburghu. Vedoucím vědeckého týmu byl profesor Ian Wilmut.

Petr, 2003 s. 117-120; Kočárek, 2004 s. 191

<http://1996.navajo.cz/1996-2.jpg>

Okno 21 Na počátku stála jedna jediná buňka odebraná z vemene šestileté ovce, kterou vpravili vědci z Wilmutova týmu do ovčího vajíčka, ze kterého odstranili jeho veškerou dědičnou informaci. Takto vzniklá zygota byla vpravena do dělohy další ovce, která zárodku posloužila jako náhradní matka. Po 148 dnech březosti porodila ovčí matka nevlastní jehňátko - ovečku

Dolly, které se ve většině znaků shodovalo s dárkyní buněčného jádra. Bylo to jediné jehně z 277 takto získaných zárodků. Účinnost metody, jež vedla ke zrození Dolly, tedy dosáhla 0,36%. Přípravy projektu se zúčastnil také český vědec Josef Fulka. Jako většina takto vzniklých klonů i Dolly trpěla řadou chorob. 14. 2. 2003 byla utracena.

Petr, 2003 s. 118-120; Kočárek, 2004 s. 190-191

Okno 22 Ano, klon musí být stejného pohlaví jako předloha - v tomto případě samice Finn Dorset.

Okno 23 Museli by pro naklonování použít somatickou buňku samce (s chromozomy XY).

Okno 24 Myš se podařilo naklonovat z tzv. kumulárních buněk. Tyto buňky obklopují ve vaječníku samice vajíčko, pomáhají jej vyživovat a chrání jej. Právě podle typu použitých buněk pojmenována Cumuline, což bychom si mohli počestit do tvaru Kumulína. Účinnost se pohybovala kolem 0,3%. Roku 1998 přišel v laboratořích university v havajském Honolulu na svět myšák Fibro - první samec naklonovaný z buňky odebrané dospělému samci. Fibro byl naklonován z fibroblastů, buněk pojivové tkáně, které získali ze špičky ocásku dospělého myšáka. Fibroblast byl vpraven do myšího vajíčka, jež bylo předtím zbaveno své vlastní dědičné informace. Narodila se tři myšata. Dvě uhynula krátce po narození na vážné poruchy funkce plic. Přežil jen jeden jediný sameček. Protože se tento myšák narodil po klonování fibroblastů, dostal jméno Fibro. V březnu roku 2000 přišla na svět pětice selat (Millie, Christa, Alexis, Carrel a Dotcom) v americkém Blacksburgu. Ke klonování byla použita technika tzv. dvoustupňového klonování, postup přenosu jader (kterým přišla na svět Dolly) tu byl zopakován hned dvakrát po sobě. Buňky z těla dospělé prasnice byly spojeny s vajíčkem zbaveným vlastní dědičné informace. Vznikly tak zárodky, které byly přeneseny do těla náhradní matky. Selata se narodila z dvou tisíc klonovaných zárodků.

Petr, 2003 s. 152-162

Okno 25 Prvního psa se podařilo v roce 2005 naklonovat korejskému týmu z university v Saulu, vedenou Woo Suk Hwangem. Snuppy vznikl z jádra buněk, které byly odebrány z ucha psa (samce). Buněčné jádro bylo vloženo do vaječné buňky, které předtím bylo její vlastní jádro odstraněno. Takto vzniklé "embryo" putovalo do dělohy feny, která byla hormonálně synchronizována tak, aby se v ní vložené embryo uhníznilo a aby zabřezla.

Na konci července 2008 spatřila světlo světa první komerčně naklonovaná štěňata. Američanka Hermann McKinney se musela zadlužit, aby si je "nechala vyrobit" v univerzitní nemocnici v jihokorejském Soulu. Zaplatila 50 tisíc dolarů, tedy asi 770 tisíc korun.

Petr, 2003 s. 141-175

Okno 26 Kočárek, 2004 s. 192; Petr, 2003 s. 176-197

Okno 27 Reprodukční klonování může své služby nabídnout asistované reprodukci člověka, klonování hospodářských zvířat nebo klonování ohrožených druhů při jejich záchraně.

Okno 28 Reprodukčním klonováním by vzniklo dítě, které by neslo kompletní dědičnou informaci jednoho z rodičů.

Petr, 2003 s. 176-183

Okno 29 Dítě ze zkumavky – embryo vzniká splynutím dvou pohlavních buněk (rodičů nebo darovaných), k oplození dochází v laboratoři mimo dělohu matky, kam je poté oplozená buňka přenesena. Nový jedinec je kombinací dědičné informace biologického otce a matky. Klonováním vzniká jedinec, který je kopií jen jednoho z rodičů.

Okno 30 Noah byl naklonován ze zamražených kožních buněk gauřího býka, který uhynul v jedné zoo v USA. Klonovaný gaur přišel na svět císařských řezem v prvních dnech roku 2001. Noah trpěl od prvních okamžiků řadou vážných zdravotních problémů. Musel dýchat kyslík a na nohy se postavil až po dvanácti hodinách usilovné péče ošetřovatelů a veterinárních lékařů. Jednu chvíli to s ním vypadalo velice nadějně, ale pak náhle uhynul na silnou střevní infekci. První klonovaný gaur žil necelých 48 hodin.

Listopadu roku 2000 na Sardinii, se narodilo ovci mufloní mládě. Ke klonování byly použity vajíčka ovčí domácí, domácí ovce i muflona donosila (mezidruhové klonování, pouze u příbuzných druhů).

Petr, 2003 s. 234-249

Okno 31 V září 2000 se narodil býček, který dostal jméno Starbuck 2. Chovatelé si na jeho otci cenili především tělesného rámce a stavby končetin.

V listopadu roku 2000 se narodilo tele naklonované ze zamražených buněk býka 86. Klonovaný býček dostal jméno „86 na druhou“ a je prvním zvířetem, které bylo naklonováno s cílem zachránit pro chovatele jedinečnou schopnost odolávat infekčním chorobám.

Petr, 2003 s. 250-257; Šmarda, 2003 s. 122-123

Okno 32 V září roku 2001 přišlo na svět tele, Mandy II, naklonované z kožních buněk vydražených v aukci (za 82.000 dolarů). Buňky pocházely z ucha vynikající dojnice Mandy (za rok nadojila 12.500l, v ČR je průměr asi 7.000l a česká rekordmanka nadojila 10.900l za rok).

V únoru 2005 se narodilo hříbě - klon světového šampiona.

Petr, 2003 s. 250-257

Okno 33 Terapeutické klonování si neklade za cíl vytvoření klonu, ale je cílen na léčbu chorob a poranění.

Při terapeutickém klonování by se počáteční postup shodoval s klonováním reprodukčním. Jádro somatické buňky pacienta by bylo vneseno do lidského vajíčka zbaveného vlastní jaderné dědičné informace. Vzniklé embryo by ale nebylo přeneseno matce. V laboratorních podmínkách by z něj byly kultivací v přísně kontrolovaných podmínkách získány tzv. embryonální kmenové buňky. Ty si uchovávají schopnost buněk raného zárodku diferencovat na kterýkoli ze zhruba 220 buněčných typů lidského těla. Nejsou už ale s to zajistit vznik lidského jedince. Embryonální kmenové buňky lze v laboratorních podmínkách množit a změnou kultivačních podmínek (přidáním různých růstových faktorů) diferencovat na požadované typy somatických buněk (neurony, jaterní buňky, krvinky, srdeční buňky,...).

Petr, 2003 s. 183-197

Okno 34 Kmenových buněk máme v těle spoustu, nikdy jich neubývá, protože při dělení jedna buňka zůstává podobná mateřské a nahradí ji, druhá se vydává na novou „profesní dráhu“. Některé kmenové buňky mají před sebou jen jednu „profesi“ tzv. UNIPOTENTNÍ (např. spermatogonální). Před jinými kmenovými buňkami se otevírá více osudů a ty se pak označují jako MULTIPOTENTNÍ. Existují ale buňky, kterým není odepřen žádný z možných buněčných osudů. Takové buňky se označují jako PLURIPOTENTNÍ jsou pak schopny vytvořit kteroukoli buňku těla, ale nejsou schopny vytvořit nového jedince, tzn. že nejsou _TOTIPOTENTNÍ, ale jinak se dokážou proměnit v jakýkoli typ buněk těla. Najdeme je i v embryoblastu časného zárodku. Říká se jim také EMBRYONÁLNÍ KMENOVÉ buňky.

Petr, 2003 s. 211-233

Okno 35 Anglický komentář s českými titulky, 25min.

Okno 36 V každé tkáni.

Okno 37 Odběr kmenových buněk za účelem jejich uchování lze provést pouze jedenkrát - a to při porodu. Pupečnicková krev je bohatým zdrojem mladých a vysoce kvalitních kmenových buněk, výhodou je velice snadný a bezbolestný odběr bez jakéhokoli rizika. Odběr pupečnickové krve neznamena žádnou ztrátu ani pro novorozence, ani pro jeho matku, jelikož krev zůstávající v placentě a pupečnickové šňůře by byla po porodu zlikvidována jako biologický odpad, pokud neumožníme odběr a následné uchování kmenových buněk. Uchované kmenové buňky jsou v případě potřeby okamžitě k dispozici, není nutné hledat vhodného dárce. Kmenové buňky získané z pupečnickové krve lze s úspěchem využít i pro léčbu jiné osoby - např. rodinného příslušníka. Kmenové buňky lze dlouhodobě uchovávat ve stavu hlubokého zmrazení, bez újmy na kvalitě.

Okno 38 Klonování by mohlo pomoci při léčbě chorob a vážných poranění, s nimiž si dnešní medicína dokáže poradit jen s obtížemi

nebo proti nimž je zcela bezmocná. Mohlo by také pomoci v boji s neplodností, která se stává, především v ekonomicky rozvinutých zemích stále závažnějším problémem.

Okno 39 Klonování není procházkou růžovou zahradou. Vědci musí vynaložit obrovské úsilí a nemalé finanční prostředky, než se jim podaří nějaké zvíře naklonovat. Všechny techniky klonování trpí nízkou účinností. Navíc mají zvířecí klony výrazně sníženou životaschopnost. Klony bývají při narození příliš velké, jejich porod musí být proto vyvolán uměle a často nezbyvá nic jiného než přivést klon na svět chirurgicky. To sebou nese pochopitelně výrazná rizika. Klony postihují i další vývojové vady. Často se u nich hned po narození zjistí špatně vyvinuté plíce. Některé klony musí být bezprostředně po narození utraceny, aby se v důsledku těžkých vývojových defektů netrápily. Závažnější defekty se mohou projevit u klonů i v pokročilejším věku.

Eticky je vytvoření klonu k naplnění jiných cílů, než je plnohodnotný život počatého člověka, zcela nepřijatelné. Podle křesťanského pojetí lidského života vzniká člověk jako bytost okamžikem početí a lidé nemají právo do tohoto procesu vstupovat.

Petr, 2003, s. 163-175 a 198-210

Okno 40 Hlavním účelem klonování DNA je vnést do určité buňky úsek DNA z jiného organismu a přimět tuto buňku, aby cizí DNA přijala a dále ji replikovala. Tak dojde k namnožení (naklonování) příslušného úseku DNA.

Chceme-li dosáhnout, aby se cizí DNA v buňce příjemce replikovala, musíme zajistit její vstup do nitra této buňky. Dále musí být vnesená cizí DNA rozpoznána replikačními enzymy, aby mohla být použita jako templát k syntéze nových řetězců. K tomu účelu ji začleníme do jiného molekuly DNA, tzv. vektoru.

Postupy směřující k tvorbě nových molekul DNA (které se v přírodě nevyskytují) nazýváme techniky rekombinantní DNA. V laboratoři se tato technika používá k zmnožení (klonování) určitého genu. Dále se využívá při vzniku geneticky modifikovaných organismů. Postupy rekombinantní molekuly DNA mohou být užitečné v medicíně při zavádění genové terapie.

Kočárek, 2007 s. 143-144; Šmarda, 2003 s. 110-111

www.gjar-po.sk/studenti/informatika/02_03/kvinta/clanky/piatnica_peter/Klonovanie.doc

Okno 41 Video bez komentáře, 4,5min.

Okno 42 Jako klonovací vektory (tzn. molekuly DNA, které zajistí vstup příslušného genu do buňky) se nejvíce používají plazmidy a bakteriofágy.

Plazmidy jsou malé molekuly kruhové DNA, které se vyskytují přirozeně v bakteriálních buňkách. Plazmidy vnášíme do bakteriálních buněk transformací.

Bakteriofágy jsou viry, které napadají bakterie. Bakteriofág s uměle začleněnou cizí DNA pronikne do buňky, ve které dojde k namnožení celé fágové DNA. Tento proces, kdy dochází k začlenění nového úseku DNA do genetické výbavy hostitelské buňky prostřednictvím viru, se nazývá transdukce.

Kočárek, 2004 s. 129, 183, 193; Kočárek, 2007 s. 144-146; Šmarda, 2003 s. 112-113

Okno 43 Základem genového inženýrství je horizontální přenos genů, tzn. výměna genetického materiálu mezi různými organismy.

Dnešní metody genového inženýrství umožňují do cílového organismu zasazení právě toho genu, té vlastnosti, kterou potřebujeme. Toto je možné prostřednictvím enzymů schopných DNA na určitém místě „rozstříhnout“ tak, aby vznikly konce, které se snadno spojí a znovu „sešijí“ jinými enzymy.

Cílem je změnit vlastnosti organismů, proto je třeba dosáhnout nejen replikace genu, ale především jeho exprese, tj. tvorby proteinového produktu.

Kočárek, 2004 s. 193; Šmarda, 2003 s. 114-115

Okno 44 Zařazením nového genu do genomu organismu vytvoříme transgenní neboli geneticky modifikovaný organismus. Gen upravený metodami genového inženýrství a přenášený do nového hostitelského organismu se označuje jako transgen.

7.4 Metodické poznámky k jednotlivým oknům prezentace – GMO a biotechnologie

Okno 1 <http://www.greenpeace.org/czech/kampane2/geneticke-modifikace>

Okno 2 http://cs.wikipedia.org/wiki/Geneticky_modifikovan%C3%BD_organismus

Rosypal, 2003 s. 649; Kočárek, 2004 s. 193

Okno 3 [https://atraktivnibiologie.upol.cz/docs/ppt/GMO-Obručová%20Eva%20r.MBB%20UP%20Olomouc%20\(2007\).ppt](https://atraktivnibiologie.upol.cz/docs/ppt/GMO-Obručová%20Eva%20r.MBB%20UP%20Olomouc%20(2007).ppt)

Okno 4 Začlenění cizího genu do genomu rostliny-vznik transgenní rostliny.

www.biotrin.cz/czpages/Kulaty_stul.ppt

Okno 5 Prostřednictvím vektoru.

Okno 6 Přenášený gen je vhodné spojit s tzv., vektorem, tj. úsek DNA, který zajistí vstup příslušného genu do nitra buňky a jeho následnou expresi. K nejvhodnějším vektorům patří bakteriofágová a plazmidová DNA. Lze použít i tzv. bezvektorový přenos, př. biolistická metoda nebo metoda nastřelování mikroprojektily.

Rosypal, 2003 s. 650-651

[https://atraktivnibiologie.upol.cz/docs/ppt/GMO-Obručová%20Eva%20r.MBB%20UP%20Olomouc%20\(2007\).ppt](https://atraktivnibiologie.upol.cz/docs/ppt/GMO-Obručová%20Eva%20r.MBB%20UP%20Olomouc%20(2007).ppt)

www.istockphoto.cz

Okno 7

Okno 8

Okno 9 K nejčastějším objektům genových manipulací patří v současné době rostliny. Cílem je především zvýšení výnosů a vyšší kvalita plodů. Velké naděje se také vkládají do plodin obsahující zvýšené množství vitamínů nebo jiných složek potravy. Předpokládá se, že by jejich pěstování mohlo alespoň z části zabránit rozsáhlým hladomorům v zemích třetího světa.

Vektorový přenos – pomocí plazmidu bakterie *Agrobacterium tumefaciens*.

Šmarda, 2003 s. 114-115; Rosypal, 2003 s. 650-652

Okno 10

Okno 11 angl. HT, herbicide-tolerant

Herbicid zpravidla působí vysoce specificky, inaktivuje některý enzym, který je životně důležitý právě jen v rostlinných buňkách, ale často není vůbec přítomen v buňkách živočišných.

Okno 12 Různé poddruhy a kmeny vytvářejí toxiny se specifickou proti různým čeledím hmyzu.

Toxiny těchto bakterií jsou netoxické pro obratlovce. Protein působí v trávicím traktu hmyzu (když ji pozře určitý hmyz, bílkovina se v jeho střevech rozpustí a proděraví trávicí trubici), otráven může být pouze predátor, který do rostliny kousne, ne hmyz, který náhodně přeleze. Bt-odrůdy bavlníku (1990), kukuřice (u nás – proti zavíječi kukuřičnému), bramboru. Zemědělci používali tento bacil již mnoho let – stříkali jím pole. Problém byl v tom, že na povrchu listu dlouho nevydržel a postřik se musel přesně načasovat na zír škůdce.

I u nás je stále významnější Bt kukuřice, v roce 2005 se poprvé pěstovala na produkci vyselo se jí 270 ha, v roce 2006 již 1290 ha. (ochrana Bt kukuřice byla ve všech případech 100%).

Rosypal, 2003 s. 651

Okno 13 Odolnosti proti virům byla navozena přenosem genu pro tvorbu plášťového proteinu viru tabákové mozaiky, jehož přítomnost v rostlinných tkáních vyvolává jak odolnost proti tomuto viru, tak i proti virům jemu příbuzným.

Při množení viru se nově syntetizované molekuly RNA předčasně obalí plášťovým proteinem a vznikají defektní virové částice.

př. Dýně, papája

Tato metoda se ověřila u viru tabákové mozaiky, X-viru bramboru, viru mozaiky okurky a viru mozaiky vajtěšky.

Okno 14

Okno 15 <http://www.celsias.com/article/the-food-revolution-genetic-engineering-part-i/>

Okno 16 V Tasmanii, která je producentem 40 % světové sklizně se pěstuje téměř na všech polích.

<http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/alkaloid/obralkal/morfin.jpg>

<http://www.osel.cz/index.php?clanek=951>

Okno 17 Rýže nese gen kukuřice pro tvorbu beta-karotenu, z něhož v lidském těle vzniká vitamin A, jehož nedostatek vede k poruchám zraku. Předpokládá se, že by tato plodina mohla vyřešit problémy s nedostatkem provitaminu A v chudých rozvojových zemích. Geneticky modifikovaná rýže může například zajistit obyvatelům třetího světa dostatečný přísun vitamínu A, jehož nedostatek připraví ročně o zrak asi 200 000 dětí.

<http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2005040102>

Okno 18 Více než 100 milionů min je ve světě uloženo v zemi. Je to jedna z nejhroznějších visitek lidstva. Na 1 hod ukládání min připadne 100 hod potřebných k jejich odstranění a i dnes je to velmi riskantní činnost. Miny mají v 90 zemích světa za následek více než 20 000 obětí (hodně z toho dětí) ročně. Už aby se tento detektor, jenž považuji za zcela originální čin na poli využití GMO rostlin, mohl co nejdříve užívat ve velkém.

[https://atraktivnibiologie.upol.cz/docs/ppt/GMO-Obručová%20Eva%202r.MBB%20UP%20Olomouc%20\(2007\).ppt](https://atraktivnibiologie.upol.cz/docs/ppt/GMO-Obručová%20Eva%202r.MBB%20UP%20Olomouc%20(2007).ppt)

Okno 19 Přenosem genů pro tvorbu modrého barviva (delfinidinu) získala japonská firma Suntory „modrou“ růži. Barva květů je spíše „lila“, do šmolkové modři má daleko. Je to tím, že o barvě rozhoduje i kyselost uvnitř buněk. Kyselé prostředí v květu růže mění modrá barviva na červenou. http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=830&id_c=1161

Okno 20 Nejvíce se ale v současnosti klonuje s cílem vytvořit transgenní zvíře fungující jako živý bioreaktor produkující cenné bílkoviny.

Prvním takto naklonovaným "živým bioreaktorem" se stala ovečka Polly, která nese ve své dědičné informaci gen pro lidský srážlivý faktor IX, bílkovinu, jež chybí lidem stíženým chorobnou krvácivostí neboli hemofilií.

Na konci roku 1998 se podařilo naklonovat tři kozy, které nesou ve své dědičné informaci gen pro lidský antitrombin III. Tato bílkovina brání srážení lidské krve.

Šmarda, 2003 s.114

Okno 21 Šmarda, 2003 s. 115; Rosypal, 2003 s. 652-654

Okno 22 http://www.bausch.cz/professional/ocuvite/reti_7_a.htm

<http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2006081812>

Okno 23 <http://www.bohlelav.cz/vobrazky/265.jpg>

Okno 24 Genetické modifikace člověka můžeme rozdělit na genovou terapii a genové vylepšení.

Genové vylepšení má za cíl posun člověka za hranice normálu. Nejsou to ale "nepřirozené stavy", jak by se mohlo někomu zdát. Všichni jsme povinně očkovaní např. proti tetanu, což je zcela "normální". Očkování je však zásah do imunitního systému. Vědci se pokouší získat odolnost k AIDS, rakovině tlustého střeva...

Proč nedosáhnout těchto cílů zásahem do lidské dědičné informace?

Pod pojem genová terapie (GT) můžeme zahrnout všechny postupy, které využívají přenosu genetického materiálu do buněk pacienta k léčebným účelům. Princip genové terapie je jednoduchý. Do těla pacienta je vpraven „nový“ gen. Ten může nahradit gen „nefungující“ a nebo si podle „nového“ genu tělo vytvoří lék, který nemoc vyléčí.

Kočárek, 2007 s. 153-154 Šmarda, 2003 s. 115; Rosypal, 2003 s. 652-654; Šmarda, 2003 s. 116-117

První pokusy s tímto způsobem léčby se uskutečnily už v roce 1990. při léčbě tzv. syndrom SCID (Severe Combined Immunodeficiency Disease). Jde o velmi vážnou genetickou poruchu, která má za následek nefunkčnost lymfocytů nezbytných pro obranyschopnost organismu.

V případě silného postižení nemocný obvykle umírá během prvních let života.

Počáteční nadšení bohužel netrvalo dlouho. U tří z 11 pacientů se vyvinula leukémie.

V roce 2001 vyléčeno deset "bublinových dětí". U čtyřech propukla leukémie. Ve světě bylo provedeno podobných léčebných zákroků 40 a počet dětí, u nichž propukal leukémie se nedávno zvýšil na pět. Poslední obětí je chlapec z Velké Británie.

Šmarda, 2003 s. 116-117; Rosypal, 2003 s. 654-656

Okno 25 V roce 2004 oselo asi osm a čtvrt milionu zemědělců v 17 zemích 81 miliónů hektarů půdy transgenními rostlinami.

V roce 2006 překročila plocha, na které byly pěstovány hranici 100 milionů hektarů (102 mil ha), díky tomu, že do jejich pěstování se zapojilo více než 10 milionů farmářů z 22 zemí.

Letos u nás 131 farmářů zaseto GM kukuřici na pěti tisících hektarech, což jsou dvě procenta veškeré výměry kukuřice. V roce 2005, kdy se v tuzemsku směla geneticky manipulovaná plodina pěstovat poprvé, ji padesát zemědělců sklídilo z 270 hektarů.

Okno 26 Často zmiňovaným rizikem je možná „kontaminace“ produktů pocházejících z těch systémů, které se možnosti využití GMO dobrovolně zřekly. Jedná se především o ekologické (organické) zemědělství. Pokud by došlo k přenosu pylu z porostu transgenní plodiny na plodinu pěstovanou ekologickým způsobem, sklizený produkt by následkem zkřížení obsahoval transgen a nemohl by být tedy deklarován jako produkt ekologického zemědělství, čímž by pěstiteli mohla vzniknout ekonomická škoda. Důsledným dodržováním izolačních vzdáleností je možné toto riziko minimalizovat tak, jako je tomu např. již dnes u prevence nežádoucího opylení při produkci osiva.

Další velké riziko je vznik nových alergenů. Paleta alergenů je široká a pestrá a navíc počet alergiků stoupá. Kontrola GMO však zahrnuje i testování možnosti, že by genetická modifikace vyvolala i nový alergen.

Ve volné přírodě mají geneticky modifikované plodiny (GMP) jen nepatrnou šanci k samovolnému šíření.

Obecně je přenos genu vneseného do plodiny na jinou rostlinu nežádoucí a v některých případech představuje riziko. Gen se ale musí přenášet pylem a mezi rostlinami, které se kříží a kvetou současně, a to ve vzdálenosti, na kterou je přenos reálný. Jen málo dvojic druhů splňuje tyto podmínky. Kukuřice se u nás nekříží s žádnou jinou rostlinou. U hrachu už malá vzdálenost přenosu zabrání. Zato pšenice se kříží s některými druhy pýrů, a tak by vnesený gen představovat riziko mohl. Při schvalování GMP se musí tyto okolnosti důkladně prověřit.

Okno 27 Pravidla pro činnosti s GMO jsou v České republice stanovena zákonem č.

78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, podrobnosti upřesňuje prováděcí vyhláška č. 209/2004 Sb.

Je třeba označovat nejen samotné GMO, ale také výrobky obsahující či vyrobené z GMO, kde podíl jednotlivých geneticky modifikovaných složek nebo složky ve výrobku je vyšší než 0,9 %.

Okno 28

Okno 29

Okno 30 Bios = život, technologie = postup ... volně přeloženo – postup výroby u živých organismů.

Biotechnologie používají živé organismy, buňky nebo jejich části (enzymy) k výzkumu, jehož poznatky pak dávají vzniknout novým produktům a aplikacím v medicíně, zemědělství, potravinářství, ochraně životního prostředí a alternativních metodách výroby v chemickém průmyslu či jiných průmyslových procesech. V současnosti je biotechnologie interdisciplinární vědou, která je ovlivňována chemií, biologií, fyzikou, materiálovými naukami, inženýrstvím a informatikou.

Rosypal, 2003 s. 649

Okno 31 Biotechnologie můžeme rozdělit na tzv. klasické a moderní. Mezi klasické řadíme kvasné procesy využívané od nepaměti (využívají mikroorganismy pro výrobu některých potravin a nápojů – sýry, pivo, víno, ...). V těchto případech šlo o přírodní pochody, ve kterých hlavní roli hrála aktivita jednobuněčných organismů a nižších hub.

Moderní biotechnologie se začínají rozvíjet od druhé poloviny 20. století. Jejich základem je genetické inženýrství. Je to jakýsi nástroj moderních biotechnologií, který zahrnuje řadu technik používaných ke zkoumání a/nebo úpravě genetické stavby buněk nebo organismů. Za pomoci technických a enzymatických „nástrojů“ genetického inženýrství je možné izolovat, zmnožovat, definovat, vybírat, rušit, vkládat, klonovat, přestavovat nebo přenášet specifické sekvence DNA.

<http://tbn0.google.com/images?q=tbn:3CmZlpE->

[m8NOQM:http://jaknato.webpark.cz/IMAGES/cheese_var.gif](http://jaknato.webpark.cz/IMAGES/cheese_var.gif)

7.5 Přípravy na vyučovací hodiny

Příprava na vyučovací hodinu – Klonování 1. hodina

Cíle VJ: Žák vysvětlí klonování jako vznik geneticky totožných jedinců, rozhodne, které z uvedených schémat je či není klonování a svoje rozhodnutí zdůvodní, vysvětlí princip základních metod klonování a chápe rozdíl mezi nimi, uvede příklady využití klonování v praxi.

<p>Pojmy opěrné:</p> <p>DNA, gen, chromozom, nepohlavní rozmnožování, pohlavní rozmnožování, zygota, vajíčko, spermie, embryo Literatura viz.poznámky</p>	<p>Pojmy nově vytvářené:</p> <table border="0"> <tr> <td>Pojmy základní</td><td>Klonování, dělení embryí, přenos jader,</td></tr> <tr> <td>Pojmy doplňující</td><td>embryonální klonování, transnukleární klonování, reprodukční klonování, terapeutické klonování</td></tr> </table>	Pojmy základní	Klonování, dělení embryí, přenos jader,	Pojmy doplňující	embryonální klonování, transnukleární klonování, reprodukční klonování, terapeutické klonování
Pojmy základní	Klonování, dělení embryí, přenos jader,				
Pojmy doplňující	embryonální klonování, transnukleární klonování, reprodukční klonování, terapeutické klonování				

Pomůcky: zpětný projektor, televize, video

Organizační forma : VH	Poznámky:
<p>Osvojování nového učiva:</p> <p>1. Rozhovor s využitím prezentace KLONOVÁNÍ</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definice klonování. - Přirozenou formou klonování je nepohlavní rozmnožování nebo vznik jednovaječných dvojčat u člověka. - Metody klonování - dělení embryí (embryonální klonování). Touto metodou vznikla opička Tetra (makak). - přenos jader (transnukleární klonování). Takto vznikla ovečka Dolly (1997 – 2003) - Využití přenosu jader – reprodukční (vytvoření nového jedince) a terapeutické klonování (léčba chorob). 	<p>Powerpoint okno 1- 32 s poznámkami, viz. Příloha č. 7.3</p> <p>www.akademon.cz/article.asp?source=klem www.osel.cz/index.php?zprava=442 video Vznik jednovaječných dvojčat a embryonální klonování (okno 11, informace na konci přípravy) http://learn.genetics.utah.edu/units/cloning/whatiscloning/twinning.cfm</p> <p>video Přírodní reprodukce a přenos jader (okno 17) http://learn.genetics.utah.edu/units/cloning/whatiscloning/scnt.cfm video Přenos jader1 http://www.youtube.com/watch?v=OCro5zfc3uc video Přenos jader2 http://www.youtube.com/watch?v=Ss-z-</p>

<p>2. skupinová práce, řešení pracovního listu</p> <p>3. Závěrečné procvičování a shrnutí: Vysvětli pojem klonování. Jaké metody klonování znáš? Jaký je rozdíl mezi přirozeně vzniklými jednovaječnými dvojčaty a dvojčaty vzniklými metodou dělení jader? Popiš stručně metodu přenos jader. Jak se jedinec vzniklý touto metodou liší od jedince vzniklého přirozenou cestou (splynutím spermie a vajíčka)?</p>	<p>d4mcp0&NR=1</p> <p>www.aktualne.centrum.cz/zahranici/evropa/clanek.phtml?id=189608 http://tn.nova.cz/zpravy/zahranici/obrazem-prvni-komerce-naklonovana-stenata.html www.osel.cz/index.php?clanek=229 http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf www.osel.cz/index.php?clanek=1159</p> <p>čtyři skupiny žáků po šesti</p>
--	---

Doplňující poznámky k videím:

Video „Vznik jednovaječných dvojčat a embryonální klonování“ má dvě části. První část (30 sek.) schematicky ukazuje vznik jednovaječných dvojčat. Po oplodnění vajíčka spermií se vzniklá zygota rozdělí na dvě buňky. Každá buňka se vyvíjí samostatně. Výsledkem je narození dvojčat, která mají shodný genetický materiál.

Ve druhé části (30 sek.) je zachycen vznik jednovaječných dvojčat rozdělením embrya. K oplodnění dochází přirozenou cestou, avšak mimo tělo matky. Zygota je rozdělena na dvě části, které se vyvíjí samostatně v Petriho miskách. V určité fázi jsou embrya přenesena do náhradní matky, kde dokončí svůj vývoj. Výsledkem je opět narození dvou identických dvojčat (klonů).

Video „Přírodní reprodukce a přenos jader“ má dvě části. První (30 sek.) je rozdělena do 5 kroků (učitel si sám zvolí tempo promítání). První krok popisuje vajíčko a spermií z hlediska uložení a počtu chromozomů. Druhý ukazuje oplodnění vajíčka spermií (spojení chromozomových párů). Ve třetím kroku dochází k dělení zygoty. Poslední část vysvětluje vznik nového jedince jako genetické kombinace otce i matky.

Druhá část videa (1min.) vysvětluje metodu přenos jader v 6 krocích. V prvním kroku je zobrazen jedinec – dárce somatické buňky, která má diploidní počet chromozomů v jádře. Ve druhém kroku je tato somatická buňka kultivována v živném médiu. Třetí krok ukazuje dárce vajíčka a odebrání genetické informace z vajíčka. V další části vzniká fúze (elektrickým impulzem) somatické buňky a vajíčka bez jádra oplodněné vajíčko, které je v předposlední části vloženo do náhradní matky. Poslední krok ukazuje nového jedince jako genetickou kopii dárce somatické buňky.

Video „Přenos jader1“ (4min.) zachycuje skutečný přenos jader v laboratoři. Nejprve je z vajíčka odebráno jádro, poté vloženo jádro ze somatické buňky.

Animace „Přenos jader2“ (1min.) opět ukazuje metodu klonování přenos jader a následné rýhování vajíčka po oplodnění.

Příprava na vyučovací hodinu – Klonování 2. hodina

Cíle VJ: Žák uvede terapeutické klonování jako možné využití metody přenosu jader, vysvětlí pojem kmenové buňky a rozčlení je na čtyři základní typy, objasní princip vzniku transgenních organismů prostřednictvím metod genového inženýrství.

<p>Pojmy opěrné:</p> <p>DNA, gen, chromozom, nepohlavní rozmnožování, pohlavní rozmnožování, zygota, vajíčko, spermie, embryo, bakteriofág, klonování, přenos jader, reprodukční klonování, terapeutické klonování</p> <p>Literatura viz.poznámky</p>	<p>Pojmy nově vytvářené:</p> <table border="0"> <tr> <td>Pojmy základní</td><td>kmenové buňky, embryonální kmenové buňky, rekombinantní DNA, genové inženýrství, transgenní organismy, geneticky modifikované organismy (GMO)</td></tr> <tr> <td>Pojmy doplňující</td><td>unipotentní, multipotentní, pluripotentní, totipotentní, transformace, transdukce, horizontální přenos, transgen,</td></tr> </table>	Pojmy základní	kmenové buňky, embryonální kmenové buňky, rekombinantní DNA, genové inženýrství, transgenní organismy, geneticky modifikované organismy (GMO)	Pojmy doplňující	unipotentní, multipotentní, pluripotentní, totipotentní, transformace, transdukce, horizontální přenos, transgen,
Pojmy základní	kmenové buňky, embryonální kmenové buňky, rekombinantní DNA, genové inženýrství, transgenní organismy, geneticky modifikované organismy (GMO)				
Pojmy doplňující	unipotentní, multipotentní, pluripotentní, totipotentní, transformace, transdukce, horizontální přenos, transgen,				

Pomůcky: zpětný projektor, televize, video

Organizační forma : VH	Poznámky:
<p>Osvojování nového učiva:</p> <p>1. Rozhovor s využitím prezentace</p> <ul style="list-style-type: none"> - Terapeutické klonování – léčba nemocí s využitím (embryonálních) kmenových buněk. - Klady a zápory klonování. - Klonování DNA (technika rekombinantní DNA) za použití vektorů. - Vznik transgenních organismů metodami genového inženýrství (metody umožňující zasazení právě toho genu genu, té vlastnosti, kterou potřebujeme). 	<p>Powerpoint okno 33- 44 s poznámkami, viz. Příloha č. 7.3</p> <p>http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf</p> <p>www.osel.cz/index.php?clanek=948</p> <p>www.osel.cz/index.php?clanek=2734</p> <p>www.21stoleti.cz/view.php?cislocianku=2004031903</p> <p>www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/</p> <p>video Kmenové buňky (okno 35)</p> <p>www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/dokumentarni-video</p> <p>www.rodina.cz/clanek5270.htm</p> <p>www.femina.cz/rodina-a-deti/vite-ze-kmenove-bunky-z-pupecnikove-krve-mohou-jednou-vasemu-diteti-zachranit-zivot-/1362</p>

<p>2. skupinová práce, řešení pracovního listu</p> <p>3. Opakování:</p> <p>Co je to terapeutické klonování a k čemu se využívá? Kde se nachází kmenové buňky? Jaké znáš typy kmenových buněk? Vyjmenuj některé klady a zápory klonování. Vysvětli pojem rekombinantní DNA. Popiš princip vzniku transgenních organismů.</p>	<p>www.cryo-save.cz/o-kmenovych-bunkach/schopnosti-kmenovych-bunek-z-pupecnikove-krve/</p>
---	---

Doplňující informace k videím:

Video „kmenové buňky“ (25 min.) vysvětluje vlastnosti kmenových buněk a jejich možné použití při léčbě nemocí.

Příprava na vyučovací hodinu – GMO a biotechnologie 3. hodina

Cíle VJ: Žák vysvětlí pojem GMO, uvede příklady využití genetických modifikací v praxi, uvede klady a zápory genetických modifikací a své tvrzení zdůvodní, objasní princip genové terapie

<p>Pojmy opěrné:</p> <p>DNA, gen, chromozom, nepohlavní rozmnožování, pohlavní rozmnožování, zygota, vajíčko, spermie, embryo, bakteriofág, klonování, genové inženýrství, transgen.</p> <p>Literatura viz.poznámky</p>	<p>Pojmy nově vytvářené:</p> <p>Pojmy základní Geneticky modifikované organismy (GMO), T-DNA, Bt-plodiny</p> <p>Pojmy doplňující FlavrSavr, Zlatá rýže, mák Norman, Agrobacterium tumefaciens, Bacillus Thuringiensis, živé bioreaktory, bioSteel,</p>
---	--

Pomůcky: zpětný projektor, televize, video

<p>Organizační forma: VH</p> <p>Osvojování nového učiva:</p> <p>1. Rozhovor s využitím prezentace:</p> <ul style="list-style-type: none"> - GMO (geneticky modifikované organismy) jsou organismy, jejichž genetický základ byl úmyslně pozměněn vnesením cizí genetické informace do hostitelského organismu, přičemž si geneticky modifikovaný organismus zachovává schopnost dále se reprodukovat. - Genetické modifikace se nejčastěji využívají v rostlinné výrobě, dále ve farmacii, u živočichů a také při léčbě nemocí (genová terapie). 	<p>Poznámky:</p> <p>Powerpoint okno 1- 25 s poznámkami, viz. Příloha č. 7.4</p> <p>http://cs.wikipedia.org/wiki/Geneticky_modifikovan%C3%BD_organismus)</p> <p>www.greenpeace.org/czech/kampane2/geneticke-modifikace</p> <p>http://cs.wikipedia.org/wiki/Agrobacterium_tumefaciens</p> <p>http://www.biotrin.cz/czpages/m2008/032008.htm</p> <p>www.osel.cz/index.php?clanek=3211</p> <p>www.mze.cz/attachments/zemedtydenik3.pdf</p> <p>www.osel.cz/index.php?clanek=3662</p> <p>www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=188&id_c=668</p> <p>http://www.biotrin.cz/czpages/inf051303c.htm</p> <p>www.agbioforum.org/v7n12/v7n12a07-gonsalves.htm</p> <p>http://81.0.228.70/attachments/sbornik_GMO_2007.pdf</p>
--	---

<p>2. Skupinová práce, řešení pracovního listu 3. Opakování</p> <p>Co znamená zkratka GMO? Jak tyto organismy vznikají? Jakým způsobem se genetické modifikace využívají? Vyjmenuj některé GMP (geneticky modifikované plodiny). Vysvětli pojem genová terapie.</p>	<p>http://www.osel.cz/soubory/kabinet/442/klonovani.pdf www.biotrin.cz/czpages/p_g_t.htm www.rozhlas.cz/leonardo/clovek/_zprava/414852 http://www.biotrin.cz/czpages/bulletin/Internet_bulletin_X_2007.pdf http://81.0.228.70/attachments/sbornik_GMO_2007.pdf</p>
---	--

Cíle VJ: Žák uvede možná rizika spojená s pěstováním geneticky modifikovaných rostlin, vysvětlí pojem biotechnologie, rozdělí biotechnologie na dva základní typy a dokáže je porovnat, uvede některé cíle biotechnologií.

Pomůcky: zpětný projektor, televize, video

1

7.6 Ukázky zahraničních pracovních listů

Pracovní list 1 (www.monmouth.com/~skifast/worksheets/CloningWebWrksht.pdf)
Conceiving a Clone Website
7-3 Science

Name: _____ Date: _____ Period: _____

1. Open the web browser on your computer by double-clicking the icon on the desktop.
2. Type in this URL: <http://library.thinkquest.org/24355/homelight.html>
3. Click on "Cloning Timeline"
4. When did Walter Sutton prove that chromosomes hold information?

5. Who found the structure of DNA? _____
6. What year? _____
7. When was the term "clone" first used? _____
8. Click on "1996" on the timeline. What is the name of the first organism ever to be cloned from adult cells? _____
9. Click on the Animation graphic.
10. What is the name of the technique used in cloning? _____
11. Click on "INTERACTIONS" in the black bar at the top of the web page.
12. Click on "Create a Clone." Go through the interactive steps of cloning.
13. What is the result of doing all of the steps? _____
14. Click on "REACTIONS" in the black bar at the top of the web page. Go to the "Pros and Cons" section. Read what some people think about cloning to help you decide what you think.
15. On the back, write at least one pro or con that you did not already have in your T-chart.
16. Go back to the "Home" page.
17. Under "Interactions," click on "Cloning Questionnaire"
18. Take the quiz and write your answers on the back of this paper. Score: _____

Pracovní list 2 (http://www.mrphome.net/mrp/Cloning_worksheet.html)

CLONING / Somatic Cell Nuclear Transplant

Name _____

An interactive web page is required to complete this activity. It is linked from www.mrphome.net or can be directly accessed at <http://www.mrphome.net/mrp/Cloning.html>

INTRODUCTION:

SCNT is short for Somatic Cell Nuclear Transplant. This technology is one of the most modern forms of cloning presently used in research and experimentation.

NATURAL REPRODUCTION:

To re-familiarize yourself with NATURAL REPRODUCTION, use the controls and watch the UPPER ANIMATED presentation titled "NATURAL REPRDUCTION".

CLONING: SOMATIC CELL NUCLEAR TRANSPLANT (SCNT):

First, READ the blue captioned text to the left of the animations frame. Next, watch the LOWER ANIMATED presentation titled "SOMATIC CELL NUCLEAR TRANSPLANT". As you watch answer the following questions:

1. ONLY CLICK "PLAY" OR "FWD" WHEN INSTRUCTED. The first animal in the presentation is a "SOMATIC CELL DONOR" (Notice that a female is used for this experiment). (PLAY) What is a SOMATIC cell? _____

2. Why is a SOMATIC cell described as DIPLOID? _____
3. (Fwd, Fwd) A second animal is selected (this one MUST be a female) as an "EGG CELL DONOR". What must be done to prepare the egg cell for the experiment? _____
4. (Fwd) After the somatic cell fuses with the egg cell, how does the somatic cell make the egg cell different than what it was? _____

5. (Fwd) A third animal is selected (this one MUST also be a female) as the "SURROGATE MOTHER". What is the role of the surrogate mother? _____

6. (Fwd) This experiment used 3 FEMALES to produce a cloned offspring. The clone MUST be genetically identical to which animal? **SELECT ONE OF THE THREE CHOICES BELOW, THEN GIVE YOUR EXPLANATION.**
SURROGATE MOTHER? _____
EGG CELL DONOR? _____
SOMATIC CELL DONOR? _____

CLONING A MOUSE "CLICK AND CLONE"; SCROLL DOWN AND DO THE "CLICK AND CLONE"

1. What is the purpose of the Somatic Cell Donor? _____

2. What is the purpose of the Egg Cell Donor? _____

3. What is the major difference between a somatic (body) cell and an egg cell? _____

(OVER)

Pracovní list 3 (<http://resources.schoolscience.co.uk/BBSRC/casestudies/worksheet.pdf>)

.